

# Trabajo Fin de Grado

Electrificación y alumbrado de un polígono industrial

Autor

Ignacio Gracia Subira

Director

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de Zaragoza  
Año 2015



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. Ignacio Gracia Subira,

con nº de DNI 73133352E en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
Grado \_\_\_\_\_, (Título del Trabajo)

Electrificación y alumbrado de un polígono industrial

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, a 26 de Agosto de 2015

Fdo: Ignacio Gracia Subira

**RESUMEN DEL TRABAJO:** *Electrificación y alumbrado de un polígono industrial*

---

El presente proyecto se elabora como Trabajo de Fin de Grado con el fin de obtener la titulación de Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales.

El objeto del proyecto consiste en la electrificación de unos terrenos de uso industrial, situados en la provincia de Zaragoza en la Carretera de Logroño km 8, para la implantación de un polígono industrial. La superficie total aproximada de los terrenos es de 82.500 m<sup>2</sup> y la potencia total de la instalación es de 4.800 kW aproximadamente.

El proyecto abarca el cálculo y diseño de las instalaciones necesarias para la alimentación en Baja Tensión desde la subestación transformadora correspondiente de cada una de las 64 parcelas por las que está formado el polígono industrial, así como del cálculo y diseño de la instalación para el alumbrado de los diferentes viales del polígono industrial.

Esto implica la realización de las siguientes instalaciones:

- Línea de Media Tensión a 15 kV con origen en Subestación AT/MT y forma de anillo.
- Cálculo y selección de los Centros de Transformación 15.000/400 V.
- Red subterránea en Baja Tensión 400/230 V para el suministro eléctrico a parcelas.
- Red subterránea en Baja Tensión 400/230 V para el alumbrado público de los diferentes viales del polígono industrial.
- Cálculo luminotécnico para la correcta iluminación de los viales.

Para el diseño y la realización de las instalaciones anteriores se seguirán las especificaciones impuestas por normativas y reglamentos vigentes con el fin de conseguir la aprobación del proyecto y el correcto funcionamiento de la instalación.

El proyecto constará de los siguientes documentos:

- Memoria descriptiva
- Cálculos justificativos
- Planos
- Pliego de condiciones
- Estudio básico sobre Seguridad y Salud
- Presupuesto

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

---

MEMORIA DESCRIPTIVA.....	5
CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS .....	58
PLANOS .....	126
PLIEGO DE CONDICIONES.....	160
ESTUDIO BÁSICO SOBRE SEGURIDAD Y SALUD.....	197
PRESUPUESTO.....	249



# MEMORIA DESCRIPTIVA

---

## ÍNDICE MEMORIA DESCRIPTIVA

---

<b>1. OBJETO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. ALCANCE.....</b>	<b>9</b>
<b>3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>10</b>
<b>4. NORMAS Y REFERENCIAS.....</b>	<b>11</b>
4.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS .....	11
4.2. BIBLIOGRAFÍA .....	12
4.3. PROGRAMAS DE CÁLCULO .....	12
<b>5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>13</b>
5.1. RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN .....	13
5.1.1. GENERALIDADES.....	13
5.1.2. PREVISIÓN DE POTENCIAS.....	13
5.1.3. CRITERIOS DE DISEÑO.....	15
5.1.4. TRAZADO DE LA RED .....	15
5.1.5. CANALIZACIONES.....	15
5.1.6. CRUZAMIENTOS .....	18
5.1.7. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS .....	18
5.1.8. CONDUCTOR .....	18
5.1.9. EMPALMES.....	18
5.1.10. TERMINALES.....	19
5.1.11. PROTECCIONES DE LOS CONDUCTORES .....	19
5.1.12. PUESTA A TIERRA Y CONTINUIDAD DEL NEUTRO .....	19
5.1.13. CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN.....	20
5.1.14. RESUMEN.....	24
5.2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN .....	24
5.2.1. GENERALIDADES.....	24
5.2.2. REGLAMENTACIONES Y DISPOSICIONES OFICIALES.....	25
5.2.3. UBICACIÓN DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	26
5.2.4. POTENCIA INSTALADA .....	26
5.2.5. OBRA CIVIL .....	27
5.2.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	27
5.2.7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	29
5.2.8. RESUMEN.....	36
5.3. RED DE MEDIA TENSIÓN.....	39
5.3.1. GENERALIDADES.....	39
5.3.2. CRITERIOS DE DISEÑO.....	39
5.3.3. TRAZADO DE LA RED DE MT.....	40
5.3.4. CANALIZACIONES.....	40

5.3.5.	CRUZAMIENTOS .....	41
5.3.6.	PROXIMIDADES Y PARALELISMOS .....	41
5.3.7.	CONDUCTOR .....	41
5.3.8.	PROTECCIONES.....	42
5.3.9.	EMPALMES Y TERMINACIONES .....	43
5.3.10.	PUESTA A TIERRA.....	43
5.3.11.	RESUMEN.....	43
<b>5.4.</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA EL ALUMBRADO EXTERNO .....</b>	<b>44</b>
5.4.1.	GENERALIDADES.....	44
5.4.2.	ESPECIFICACIONES.....	44
5.4.3.	ACOMETIDAS.....	48
5.4.4.	CUADRO DE PROTECCIÓN, MEDIDA Y CONTROL.....	48
5.4.5.	CABLES.....	50
5.4.6.	ZANJAS.....	50
5.4.7.	PUNTOS DE LUZ.....	53
5.4.8.	PROTECCIONES ELÉCTRICAS CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS .....	54
5.4.9.	PUESTA A TIERRA.....	54
5.4.10.	RESUMEN.....	55
<b>6.</b>	<b>RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....</b>	<b>56</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>57</b>

## **1. OBJETO**

La elaboración del presente proyecto tiene por objeto detallar las pautas para la correcta ejecución de la electrificación de las parcelas que componen el polígono industrial y el alumbrado de los diferentes viales de dicho polígono con el fin de obtener la Autorización Administrativa y de Ejecución de obra.

## 2. ALCANCE

El alcance del presente proyecto abarca el diseño de la instalación necesaria para el suministro eléctrico en Baja Tensión a las distintas parcelas y el diseño del alumbrado público para la correcta iluminación del polígono industrial.

Esto implica realizar las siguientes instalaciones:

- Línea de Media Tensión a 15 kV con origen en Subestación AT/MT y forma de anillo.
- Cálculo y selección de los Centros de Transformación MT/BT.
- Red subterránea en Baja Tensión 400/230 V para el suministro eléctrico a parcelas.
- Red subterránea en Baja Tensión 400/230 V para el alumbrado público de los diferentes viales del polígono industrial.
- Cálculo luminotécnico para la correcta iluminación de los viales.

Para el diseño y la realización de las instalaciones anteriores se seguirán las especificaciones impuestas por normativas y reglamentos vigentes con el fin de conseguir la aprobación del proyecto y el correcto funcionamiento de la instalación.

### 3. ANTECEDENTES

Existen junto al municipio de Zaragoza unos terrenos sobre los que se pretende realizar la construcción de un polígono industrial. El polígono ocupa una superficie aproximada de 82.500 m<sup>2</sup> y está dividido en un total de 64 parcelas.

El polígono industrial está situado en el exterior de la zona urbana de la ciudad de Zaragoza, en la carretera de Logroño kilómetro 8, en una zona clasificada como industrial y ofrece una buena accesibilidad.

Es por ello que se redacta el presente proyecto de “*Electrificación y alumbrado de un polígono industrial*”.

## **4. NORMAS Y REFERENCIAS**

### **4.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS**

El presente proyecto ha sido realizado dando cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.
- ORDEN de 23 de diciembre de 2009, del Departamento de Industria, Comercio y Turismo, por la que se aprueban las Especificaciones Particulares sobre instalaciones eléctricas de baja tensión de las empresas distribuidoras de energía eléctrica, que bajo la marca ERZ Endesa desarrollan su actividad, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias, según Real Decreto 223/08, de 15 de febrero.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación y las Instrucciones Técnicas Complementarias aprobadas por Decreto 12.224/1984, y publicado en el B.O.E. 1-8-84, junto a las modificaciones posteriores.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Normas Técnicas Municipales para instalaciones de alumbrado público, publicado en BOPZ nº 132 de 11 de Junio de 2003.

## 4.2. BIBLIOGRAFÍA

Se recoge la bibliografía consultada para la elaboración del presente proyecto.

- Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Guías Técnicas del Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.
- Trashorras, J. (2003). *Desarrollo de Instalaciones Eléctricas de Distribución*. Madrid: Editorial Thomson Paraninfo.
- CYPE Ingenieros, S.A. *Generador de precios de la construcción*. España. Disponible en “[www.generadordeprecios.info](http://www.generadordeprecios.info)”.

## 4.3. PROGRAMAS DE CÁLCULO

Se recogen los programas de cálculo empleados para la realización del presente proyecto.

- AutoCAD 2013
- DIALux evo: Cálculo y diseño del alumbrado.
- amiKIT 3.1: Cálculo y selección de los centros de transformación prefabricados Ormazábal.



## 5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

### 5.1. RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN

#### 5.1.1. GENERALIDADES

La red subterránea de baja tensión tiene su origen en el centro de transformación y discurre de forma radia y enterrada en zanja hasta la Caja General de Protección localizada en cada parcela.

El sistema de tensiones será trifásico a una tensión de 400/230 V, con neutro puesto a tierra. El conductor elegido es RV 0,6/1 kV 3x240 + 1x150 Al.

Las líneas tendrán una protección contra cortocircuitos y sobrecargas mediante fusibles situados en el cuadro de distribución del Centro de Transformación.

#### 5.1.2. PREVISIÓN DE POTENCIAS

El polígono ocupa una superficie aproximada de 82.500 m<sup>2</sup> y está dividido en un total de 64 parcelas. Se exponen a continuación las parcelas existentes así como la potencia mínima prevista para cada una de ellas.

La potencia mínima prevista se calcula según la ITC-BT-10 del REBT. Se suministrará 125 W por cada metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10.350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

Nave	Superficie (m <sup>2</sup> )	Potencia (kW)
1a	320	40,00
1b	320	40,00
1c	320	40,00
1d	320	40,00
1e	320	40,00
1f	320	40,00
1g	320	40,00
2a	300	37,50
2b	300	37,50
2c	300	37,50
2d	300	37,50
2e	300	37,50
2f	600	75,00
3a	398,48	49,81
3b	537,32	67,17
3c	492,48	61,56
3d	467,58	58,45
3e	442,62	55,33
3f	418,02	52,25
3g	313,26	39,16

3h	333	41,63
3i	360,15	45,02
3j	809,61	101,20
3k	820,28	102,54
3l	540,01	67,50
3m	540,46	67,56
3n	530,6	66,33
4a	729,47	91,18
4b	729,47	91,18
4c	729,47	91,18
4d	729,47	91,18
4e	729,47	91,18
4f	931,17	116,40
4g	931,17	116,40
4h	925,91	115,74
4i	926,37	115,80
4j	926,08	115,76
4k	926,37	115,80
4l	689,98	86,25
4m	752,12	94,02
4n	751,47	93,93
4o	874,74	109,34
45a	281,52	35,19
5b	281,52	35,19
5c	281,52	35,19
5d	281,52	35,19
5e	281,52	35,19
5f	281,52	35,19
5g	269,01	33,63
5h	457,53	57,19
5i	655,85	81,98
5j	426,05	53,26
5k	655,85	81,98
5l	394,56	49,32
5m	655,85	81,98
5n	278,55	34,82
5o	301,28	37,66
5p	1291,7	161,46
5q	1030,3	128,79
5r	805,06	100,63
6a	452,47	56,56
6b	524	65,50
6c	530	66,25
6d	670	83,75

**Potencia total (kW) 4339,22**

La potencia total sin tener en cuenta el alumbrado exterior es de **4.339,22 kW**.

La potencia aparente sin tener en cuenta el alumbrado externo es de **4.8241,36 kVA** (tomando un factor de potencia de 0,9).

Se muestra la localización de cada una de las parcelas en el documento de Planos.

### 5.1.3. CRITERIOS DE DISEÑO

Los aspectos tenidos en cuenta para el diseño de las líneas subterráneas de baja tensión basados en la NTP-BT de ERZ Endesa son:

- El valor de la tensión nominal asignada de la red de BT será 400 V.
- Como criterio de cálculo para determinar la sección del conductor se considerará que la caída de tensión deberá ser inferior al 5% de la tensión nominal asignada.
- En las redes subterráneas principales de BT se utilizarán siempre cables con sección uniforme de 240 mm<sup>2</sup> de Al para las fases y, como mínimo, 150 mm<sup>2</sup> de Al para el neutro.
- La intensidad en régimen permanente que circule por un conductor no superará un 85% de saturación.
- La carga máxima de transporte se determinará en función de la intensidad máxima admisible en el conductor y del momento eléctrico de la línea.

### 5.1.4. TRAZADO DE LA RED

La red subterránea de BT discurrirá siempre por terrenos de dominio público y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. Solamente en casos excepcionales se admitirá su instalación en zonas de propiedad privada.

Puede observarse el trazado de la red en el documento de Planos.

### 5.1.5. CANALIZACIONES

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo

más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachadas y bordillos.

Deberá tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos fijados por los fabricantes (o en su defecto los fijados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto. Los cables aislados podrán instalarse de cualquiera de las maneras indicada a continuación en función de si discurren bajo acera o bajo calzada.

#### 5.1.5.1. DIRECTAMENTE ENTERRADOS

La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas.

Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:

- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.
- Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25 m.
- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

## 5.1.5.2. CANALIZACIÓN ENTUBADA

En las canalizaciones entubadas, la instalación eléctrica irá enterrada bajo tubos protectores de **225 mm** de diámetro tal y como se indica en la siguiente tabla que corresponde a la tabla 9 de la ITC-BT-21 donde vienen recogidos los diámetros exteriores de los tubos en función de la sección de los conductores y el número de conductores.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm <sup>2</sup> )	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	< 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	--

Figura 1: Diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y sección de los conductores.

Las líneas bajo tubo se enterrarán a una profundidad mínima de 60 cm, con una resistencia suficiente a las solicitaciones a las que se han de someter durante su instalación.

Por cada tubo solo discurrirá una línea de BT, sin que pueda compartirse un mismo tubo con otras líneas, ya sean eléctricas, de telecomunicaciones, u otras.

Según lo establecido en la ITC-BT-21, los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50.086 2-4 y sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 8 de la ITC-BT-21.

La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir lo indicado en la norma UNE 20.460-5-523 y en las ITC-BT- 19 e ITC-BT-20.

Se evitara en la medida de lo posible los cambios de dirección en los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas de registro que cumplan lo establecido en la norma Endesa NNH001 y tapas que cumplan lo establecido en la norma Endesa NNH002.

Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

### 5.1.6. CRUZAMIENTOS

Se seguirán las condiciones indicadas en el capítulo 2.2.1 de la ITC-BT-07 para cruzamientos de cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados.

### 5.1.7. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

Se seguirán las condiciones y distancias de proximidad indicadas en el capítulo 2.2.2 de la ITC-BT-07 para cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados.

### 5.1.8. CONDUCTOR

Los conductores a emplear en la red subterránea de baja tensión serán unipolares de Aluminio homogéneo, tipo RV, tensión nominal 0,6/1 kV, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de PVC.

La sección de los conductores empleados para las fases será de 240 mm<sup>2</sup> y la del conductor utilizado para el neutro será 150 mm<sup>2</sup>.

Las características principales de los cables RV se muestran en la siguiente tabla. Para el conductor **RV 0,6/1 kV 3x240 + 1x150** Al seleccionado la intensidad máxima es de **430 A**.



SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	-	-	-
630	690	680	600	-	-	-

Figura 2: Intensidad máxima admisible en conductores de aluminio.

Se ha decidido utilizar esta sección de conductor siguiendo los criterios de diseño de redes subterráneas de baja tensión indicados en la NTP-BT de Endesa.

### 5.1.9. EMPALMES

Los manguitos de empalme serán Al-Al, adecuados para la sección de los cables a conectar. Las características técnicas de estos cumplirán lo establecido en la norma

ENDESA NNZ036. La unión se realizara mediante la compresión por punzonado profundo.

Además del manguito de empalme será necesario colocar un manguito termorretráctil para restablecer el aislamiento del conductor.

#### 5.1.10. TERMINALES

Se emplearán terminales bimetálicos Cu-Al adecuados a la sección de los cables a conectar. La unión se hará mediante compresión por punzonado profundo.

Además se realizará el aislamiento para evitar la penetración de humedad de la misma forma que si fuera un empalme.

#### 5.1.11. PROTECCIONES DE LOS CONDUCTORES

De acuerdo a la ITC-BT-22 el circuito deberá estar protegido contra los efectos de las sobrecargas que puedan presentarse en el mismo. Por lo tanto la instalación constará de los siguientes sistemas de protección:

- Protección contra sobrecargas: Esta protección limitara que la cantidad de intensidad que circule por el conductor no supere la intensidad admisible de este.
- Protección contra cortocircuitos: Mediante dispositivos de protección cuya capacidad de corte este de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda aparecer.

Para cumplir las exigencias impuestas en cuanto a protección se utilizarán fusibles calibrados convenientemente y que se encontraran ubicados en el cuadro de baja tensión situado en el centro de transformación prefabricado de hormigón.

#### 5.1.12. PUESTA A TIERRA Y CONTINUIDAD DEL NEUTRO

El conductor neutro deberá estar identificado y conectado a tierra en el Centro de Transformación prefabricado ORMAZABAL de la forma prevista en el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Además deberá estar puesto a tierra como mínimo una vez cada 200 m.

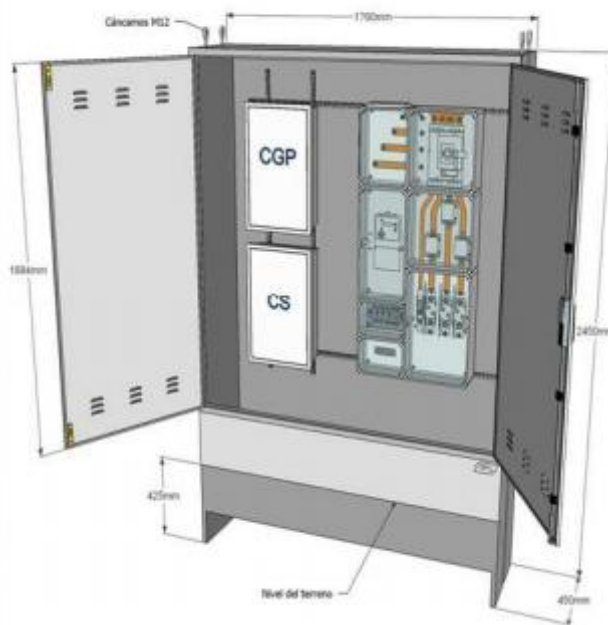
El conductor neutro no podrá ser interrumpido, salvo que ésta interrupción sea realizada con alguno de los dispositivos siguientes:

- Interruptores o seccionadores omipolares que actúen sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omipolar simultáneo), o que conecten el neutro antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.
- Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas, y que sólo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en éste caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas éstas sin haberlo sido

### 5.1.13. CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN

Las Cajas Generales de Protección (CGP) alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación y señalan el principio de la propiedad de la instalación del cliente. Se deberá instalar una por parcela. Junto a la Caja General de Protección deberá colocarse un equipo de medida.

La Caja General de Protección consta de un armario prefabricado monobloque, en cuyo interior se dispone la caja de seccionamiento, la caja de protección y el equipo de medida. En la siguiente imagen se puede observar la disposición de los diferentes elementos en el armario:



*Figura 3: Caja General de Protección*



La conexión eléctrica del interior del armario viene detallada en el documento de Planos.

#### 5.1.13.1. COMPONENTES

La Caja General de Protección está compuesta por los siguientes componentes:

➤ **Armario prefabricado monobloque:**

Se trata de un armario prefabricado monobloque más peana, con capacidad para albergar caja de seccionamiento, caja general de protección y equipo de medida.

El armario a instalar será de la marca **ADELEC modelo APL50** o similar.

Las principales características mecánicas del armario son:

- Composición del armazón: GRC (UNE-EN 1.169) pintado.
- Puesta de chapa de acero galvanizado y pintado.
- Maneta de cierre de tres puntos JIS CFE 220.
- Montaje mediante cáncamos de suspensión.

➤ **Caja de seccionamiento**

La caja de seccionamiento será de la marca **Cahors referencia 0446150 o similar** y se instala en el interior del armario prefabricado anteriormente indicado.

La caja de seccionamiento presenta las siguientes características:

- Salida a la Caja de protección por la parte superior y salida de la línea de distribución por la parte inferior.
- Envolvente de poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- Grado de protección IP 43 UNE 20 324
- Tres bases fusibles tamaño BUC-2, 400 A.
- Elemento neutro amovible.



Figura 4: Caja de seccionamiento

### ➤ Caja de protección

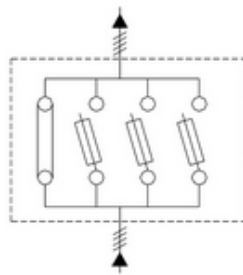
La Caja de protección estará ubicada sobre la caja de seccionamiento en el interior del armario prefabricado. Será de la marca **Claved modelo CGPC-9-400 BUC** o similar.



*Figura 5: Caja de protección.*

La Caja de protección presentara las siguientes características:

- Bases tamaño seccionables en carga tamaño BUC-2 400 A
- Neutro seccionable con borne puesta a tierra 50 mm<sup>2</sup>
- Esquema 9 ( reflejado en la figura inferior).
- Bornes de entrada mediante tornillo Inox M12
- Bornes de salida mediante tornillo Inox M12 C



*Figura 6: Esquema 9 Caja de protección.*

### ➤ Equipo de medida

Se instalará en el interior del armario un equipo de medida adecuado para la potencia de cada cliente según las normas de la compañía suministradora.

### 5.1.13.2. EMPLAZAMIENTO E INSTALACIÓN

Las CGP se instalarán en zonas de tránsito general y de fácil y libre acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y ERZ ENDESA.

Para acometidas subterráneas se instalará del siguiente modo:

- Siempre en nicho o en monolito, cuyas paredes tendrán un grosor mínimo de 15 cm, situado en el límite de la propiedad. También se aceptarán los monolitos prefabricados de hormigón cuando el grosor mínimo de sus paredes sea de 5 cm.
- El nicho o monolito se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura de llave triangular normalizada por ERZ ENDESA.
- La CGP se ubicará de tal forma que su parte inferior no quede por debajo de los 0,5 m y su parte superior por encima de 1,8 m con respecto al suelo.
- Las dimensiones de la puerta adicional del cerramiento serán las adecuadas para poder acceder correctamente a la CGP y realizar trabajos en la misma. Su parte inferior se encontrará a un mínimo de 0,3 m del suelo, y cuando la anchura de la puerta sea superior a 1 m, obligatoriamente tendrá que ser de doble hoja, sin que tenga bastidores internos.
- En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos para la entrada de las acometidas subterráneas de la red general, conforme a lo establecido en la ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas.
- En todos los casos se procurará que la situación elegida, esté lo más próxima posible a la red de distribución pública y que quede alejada o en su defecto protegida adecuadamente, de otras instalaciones tales como de agua, gas, teléfono, etc., según se indica en ITC-BT-06 y ITC-BT-07.

Las CGP, de propiedad particular, no podrán estar intercaladas en la red de distribución de ERZ ENDESA. Si es necesario hacer entrada-salida de la red y alimentar la CGP se colocarán dos cajas, una caja de seccionamiento con entrada-salida de red y conexión directa con la CGP del cliente, que queda en propiedad de ERZ ENDESA e integrada en su red, y otra contigua, que es propiamente la CGP, propiedad del cliente.

### 5.1.13.3. CARACTERÍSTICAS

Dentro de las Cajas Generales de Protección se instalarán fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación. El neutro está constituido por una

conexión amovible situada a la izquierda de las fases, colocada la caja general de protección en posición de servicio, y dispondrá también de un borne de conexión para su puesta a tierra si procede.

#### 5.1.14. RESUMEN

La red subterránea de baja tensión se estructura a partir del centro de transformación de origen de forma radial y enterrada en zanja hasta la Caja General de Protección que se instalara en cada parcela.

El sistema de tensiones será trifásico a una tensión de 400/230 V, con neutro puesto a tierra. El conductor elegido es RV 0,6/1 kV 3 x 240 mm<sup>2</sup> + 1 x 150 mm<sup>2</sup> Al.

El tipo de canalización será directamente enterrado cuando el conductor circule bajo acera, mientras que en los cruces bajo calzada este ira entubado en tubos de 225 mm de diámetro. Se detallan las canalizaciones en el documento de Planos.

### 5.2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

#### 5.2.1. GENERALIDADES

Los Centros de transformación son de tipo compañía, con el objeto de suministrar energía, sin necesidad de medición de la misma.

La red de alimentación de los Centros de Transformación es del tipo subterránea, con una tensión de 15 kV, a una frecuencia de 50 Hz y la tensión de salida será de 400/230 V.

Se instalarán cuatro Centros de Transformación prefabricados tipo monobloque **modelo PFU-5 del fabricante Ormazábal**. Cada centro de transformación contara con dos transformadores de 630 kVA.

Los tipos generales de equipos de Media Tensión empleados en este proyecto son **CGMCOSMOS**, que se trata de celdas modulares de aislamiento y corte en gas, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

La configuración eléctrica del Centro de Transformación será del tipo:

- 2 Celdas de línea
- 2 Celdas de protección
- 2 Transformadores
- 2 Cuadros de baja tensión de hasta 8 salidas cada uno.

Los Centros de Transformación pasarán a ser propiedad de la empresa suministradora ERZ Endesa.



*Figura 7: CT prefabricado Ormazábal PFU-5*

### 5.2.2. REGLAMENTACIONES Y DISPOSICIONES OFICIALES

A parte de las distintas Normas de carácter general indicadas en el capítulo 4 de la Memoria, los Centros de Transformación prefabricados siguen las siguientes normas y recomendaciones:

- Normas y recomendaciones de diseño del edificio:

- **CEI 62271-202**                      **UNE-EN 62271-202**  
Centros de Transformación prefabricados.
- **NBE-X**  
Normas básicas de la edificación.

- Normas y recomendaciones de diseño de aparamenta eléctrica:

- **CEI 62271-1**                      **UNE-EN 60694**  
Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de Alta Tensión.
- **CEI 61000-4-X**                      **UNE-EN 61000-4-X**  
Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.
- **CEI 62271-200**                      **UNE-EN 62271-200 (UNE-EN 60298)**  
Aparamenta bajo envoltorio metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- **CEI 62271-102**                      **UNE-EN 62271-102**  
Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- **CEI 62271-103**                      **UNE-EN 60265-1**  
Interruptores de Alta Tensión. Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.
- **CEI 62271-105**                      **UNE-EN 62271-105**

Combinados interruptor - fusible de corriente alterna para Alta Tensión.

- Normas y recomendaciones de diseño de transformadores:

- **CEI 60076-X**  
Transformadores de Potencia.

- Normas y recomendaciones de diseño de transformadores (aceite):

- **EN 50464-2-1:2007**  
Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en baja tensión de 50 a 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material hasta 36 kV (Ratificada por AENOR en marzo de 2008).
- **UNE 21428-X-X**  
Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en baja tensión de 50 a 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material hasta 36 kV.
- **UNE 21428**  
Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en baja tensión de 50 a 2 500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV.

### 5.2.3. UBICACIÓN DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.

Puede observarse en el documento Planos la ubicación de los cuatro centros de transformación prefabricados Ormazábal PFU-5 a instalar.

Para su ubicación se han seguido los siguientes criterios:

- Distribución de carga
- Simetría
- Posibilidad de ampliación

La acometida a los centros de transformación será subterránea, se alimentarán formando una red anillada entre ellos.

### 5.2.4. POTENCIA INSTALADA

Cada centro de transformación debe satisfacer unas potencias máximas simultáneas, que vienen indicadas en el anexo de Cálculos justificativos.

Para atender a las necesidades la potencia instalada en cada centro de transformación es de 1.260 KVA, mediante dos transformadores de 630 kVA cada uno.

### 5.2.5. OBRA CIVIL

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas anteriormente indicadas.

### 5.2.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Edificio de Transformación: **PFU-5/20**

- Descripción

Los Edificios PFU para Centros de Transformación, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos edificios prefabricados es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

- Envolvente

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm<sup>2</sup>. Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kΩ respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

- Placa piso

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

- Accesos

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180°) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del Centro de Transformación. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

- Ventilación

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.

- Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

- Calidad

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad ISO 9001.

- Alumbrado

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

- Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.



- Cimentación

Para la ubicación de los edificios PFU para Centros de Transformación es necesaria una excavación sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

- Características Detalladas

Nº de transformadores: 2

Nº reserva de celdas: 1

Tipo de ventilación: Normal

Puertas de acceso peatón: 1 puerta

Dimensiones exteriores

Longitud: 6080 mm

Fondo: 2380 mm

Altura: 3045 mm

Altura vista: 2585 mm

Peso: 17460 kg

Dimensiones interiores

Longitud: 5900 mm

Fondo: 2200 mm

Altura: 2355 mm

Dimensiones de la excavación

Longitud: 6880 mm

Fondo: 3180 mm

Profundidad: 560 mm

#### 5.2.7. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

##### 5.2.7.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 15 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 519,6 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 20 kA eficaces.

##### 5.2.7.2. CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MT

Características Generales de los Tipos de Aparamenta Empleados en la Instalación.

Celdas: CGMCOSMOS

Sistema de celdas de Media Tensión modulares bajo envolvente metálica de aislamiento integral en gas SF6 de acuerdo a la normativa UNE-EN 62271-200 para instalación

interior, clase -5 °C según IEC 62271-1, hasta una altitud de 2000 m sobre el nivel del mar sin mantenimiento con las siguientes características generales estándar:

- Construcción:

Cuba de acero inoxidable de sistema de presión sellado, según IEC 62271-1, conteniendo los elementos del circuito principal sin necesidad de reposición de gas durante 30 años.

3 Divisores capacitivos de 24 kV.

Bridas de sujeción de cables de Media Tensión diseñadas para sujeción de cables unipolares de hasta 630 mm<sup>2</sup> y para soportar los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito.

Alta resistencia a la corrosión, soportando 150 h de niebla salina en el mecanismo de maniobra según norma ISO 7253.

- Seguridad:

Enclavamientos propios que no permiten acceder al compartimento de cables hasta haber conectado la puesta de tierra, ni maniobrar el equipo con la tapa del compartimento de cables retirada. Del mismo modo, el interruptor y el seccionador de puesta a tierra no pueden estar conectados simultáneamente.

Enclavamientos por candado independientes para los ejes de maniobra del interruptor y de seccionador de puesta a tierra, no pudiéndose retirar la tapa del compartimento de mecanismo de maniobras con los candados colocados.

Posibilidad de instalación de enclavamientos por cerradura independientes en los ejes de interruptor y de seccionador de puesta a tierra.

Inundabilidad: equipo preparado para mantener servicio en el bucle de Media Tensión en caso de una eventual inundación de la instalación soportando ensayo de 3 m de columna de agua durante 24 h.

Grados de Protección :

- Celda / Mecanismos de Maniobra: IP 2XD según EN 60529
- Cuba: IP X7 según EN 60529
- Protección a impactos en:
  - cubiertas metálicas: IK 08 según EN 5010
  - cuba: IK 09 según EN 5010

- Conexión de cables

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

- Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMCOSMOS es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

- Características eléctricas

Las características generales de las celdas CGMCOSMOS son las siguientes:

Tensión nominal 24 Kv

Nivel de aislamiento

Frecuencia industrial (1 min)

a tierra y entre fases 50 kV

a la distancia de seccionamiento 60 kV

Impulso tipo rayo

a tierra y entre fases 125 kV

a la distancia de seccionamiento 145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

#### 5.2.7.3. CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LA APARAMENTA MT Y TRANSFORMADORES

▪ Entrada / Salida : **CGMCOSMOS-L Interruptor-seccionador**

Celda con envoltorio metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda **CGMCOSMOS-L** de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos ekorVPIS para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS.

- Características eléctricas:

Tensión asignada: 24 kV

Intensidad asignada: 630 A

Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 21 kA

Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 52,5 kA

Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 52,5 kA
- Capacidad de corte
- Corriente principalmente activa: 630 A

- Características físicas:

Ancho: 365 mm  
Fondo: 735 mm  
Alto: 1740 mm  
Peso: 95 kg

- Otras características constructivas:

Mecanismo de maniobra interruptor: manual tipo B

▪ Protección Transformadores: *CGMCOSMOS-P Protección fusibles*

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CGMCOSMOS-P de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas:

Tensión asignada: 24 kV  
Intensidad asignada en el embarrado: 630 A  
Intensidad asignada en la derivación: 200 A  
Intensidad fusibles: 3x63 A  
Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 21 kA  
Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 52,5 kA  
Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 50 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 52,5 kA

Capacidad de corte

Corriente principalmente activa: 630 A

- Características físicas:

Ancho: 470 mm

Fondo: 735 mm

Alto: 1740 mm

Peso: 140 kg

- Otras características constructivas:

Mando posición con fusibles: manual tipo BR

Combinación interruptor-fusibles: combinados

▪ Transformadores: *Transformador aceite 24 kV*

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 9,5 - 16,455 kV y tensión secundaria 420 V en vacío.

- Otras características constructivas:

Regulación en el primario: + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %

Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%

Grupo de conexión: Dyn11

Protección incorporada al transformador: Sin protección propia

#### 5.2.7.4. CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LOS CUADROS DE BT

▪ Cuadros BT - B2 Transformador 1 y 2: *CBTO*

El Cuadro de Baja Tensión CBTO-C, es un conjunto de aparamenta de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

La estructura del cuadro CBTO-C de ORMAZABAL está compuesta por un bastidor aislante, en el que se distinguen las siguientes zonas:

- Zona de acometida, medida y de equipos auxiliares

En la parte superior de CBTO-C existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar, evitando la penetración del agua al interior. CBTO incorpora 4 seccionadores unipolares para seccionar las barras.

- Zona de salidas

Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas verticales cerradas (BTVC) pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

- Características eléctricas

Tensión asignada de empleo: 440 V  
Tensión asignada de aislamiento: 500 V  
Intensidad asignada en los embarrados: 1600 A  
Frecuencia asignada: 50 Hz  
Nivel de aislamiento  
    Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 10 kV  
    entre fases: 2,5 kV  
Intensidad Asignada de Corta duración 1 s: 24 kA  
Intensidad Asignada de Cresta: 50,5 kA

- Características constructivas:

Anchura: 1000 mm  
Altura: 1360 mm  
Fondo: 350 mm

- Otras características:

Salidas de Baja Tensión: 8 salidas (8 x 400 A)

- Ampliación

Dado que son necesarias 8 salidas de este tipo, se incluye también un cuadro AM-4 de ampliación, con las mismas características eléctricas que el módulo AC-4, y misma anchura y fondo que ese cuadro, pero una altura de sólo 1190 mm, ya que no incluye el compartimento superior.

#### 5.2.7.5. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VARIO DE MT Y BT

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

- Interconexiones de MT:

Puentes MT Transformador 1 y 2: **Cables MT 12/20 kV**

Cables MT 12/20 kV del tipo RHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al.

La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable recta y modelo K152SR.

- Interconexiones de BT:

#### Puentes BT - Transformador 1 y 2: *Puentes transformador-cuadro*

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material Al (Polietileno Reticulado) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase+2xneutro:  $3(3 \times 1 \times 240) + 1(2 \times 1 \times 240) \text{ mm}^2$  Al (0,6/1 kV).

- Defensa de transformadores:

#### Defensa de Transformador 1 y 2: *Protección física transformador*

Protección metálica para defensa del transformador.

- Equipos de iluminación:

#### Iluminación Edificio de Transformación: *Equipo de iluminación*

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

### 5.2.7.6. PUESTA A TIERRA

- Tierra de protección:

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc. , así como la armadura del edificio . No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

- Tierra de servicio:

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

#### 5.2.7.7. INSTALACIONES SECUNDARIAS

##### - Alumbrado

El interruptor se situará al lado de la puerta de acceso, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la MT.

El interruptor accionará los puntos de luz necesarios para la suficiente y uniforme iluminación de todo el recinto del centro.

##### - Armario de primeros auxilios

El Centro de Transformación cuenta con un armario de primeros auxilios.

##### - Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables

2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

4- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

5- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

#### 5.2.8. RESUMEN

Se instalarán cuatro Centros de Transformación prefabricados tipo monobloque **modelo PFU-5 del fabricante Ormazábal**. Cada centro de transformación contara con dos transformadores de 630 kVA. Se alimentarán de forma subterránea a una tensión de 15 kV.



El dimensionado de los Centros de transformación se ha llevado a cabo multiplicando la potencia total por un coeficiente de 0,78 tal y como se indica en NTP-BT de ERZ Endesa (cálculos indicados en el anexo de Cálculos justificativos).

Se expone a continuación las líneas que salen de cada Centro de Transformación así como la potencia conectada a cada uno de ellos.

- Centro de transformación nº 1:

Centro de Transformación nº1			
Línea	Naves	Potencia aparente (VA)	Intensidad (A)
1.1	1a, 1b,1c,1d	177.777,78	256,60
1.2	1e,1f,1g	133.333,33	192,45
1.3	4a	101.315,28	146,24
1.4	4b	101.315,28	146,24
1.5	4c	101.315,28	146,24
1.6	4d	101.315,28	146,24
1.7	4e	101.315,28	146,24
1.8	4g	129.329,17	186,67
1.9	4i	128.662,50	185,71
1.10	4k	128.662,50	185,71

**TOTAL (kVA)** 1.204,34  
**DIMEN (kVA)** 939,39

- Centro de transformación nº 2:

Centro de Transformación nº2			
Línea	Naves	Potencia aparente (VA)	Intensidad (A)
2.1	4f	129.329,17	186,67
2.2	4h	128.598,61	185,62
2.3	4j	128.622,22	185,65
2.4	4l	95.830,56	138,32
2.5	4m	104.461,11	150,78
2.6	4n	104.370,83	150,65
2.7	4o	121.491,67	175,36
2.8	5h,5j	122.719,44	177,13
2.9	5l,5n,5o	135.331,94	195,33
CA	-	12.600,00	18,19

**TOTAL (kVA)** 1.083,36

**DIMEN (kVA)** 845,02

- Centro de transformación nº 3:

Centro de Transformación nº3			
Línea	Naves	Potencia aparente (VA)	Intensidad (A)
3.1	2a,2b,2c,2d	166.666,67	240,56
3.2	2e,2f	125.000,00	180,42
3.3	3a,3b	129.972,22	187,60
3.4	3c,3d	133.341,67	192,46
3.5	3e,3f	119.533,33	172,53
3.6	3j	112.445,83	162,30
3.7	3k	113.927,78	164,44
3.8	3l	75.001,39	108,26
3.9	3g,3h,3i	139.779,17	201,75
3.10	3m,3n	148.758,33	214,71

**TOTAL (kVA)** 1.264,43

**DIMEN (kVA)** 986,25

- Centro de transformación nº 4:

Centro de Transformación nº4			
Línea	Naves	Potencia aparente (VA)	Intensidad (A)
4.1	5a,5b,5c,5d	156.400,00	225,74
4.2	5e,5f,5g	115.562,50	166,80
4.3	5i,5k	182.180,56	262,95
4.4	5m,5r	202.904,17	292,87
4.5	5q	143.097,22	206,54
4.6	5p	179.402,78	258,95
4.7	6a,6b	135.620,83	195,75
4.8	6c,6d	166.666,67	240,56

**TOTAL (kVA)** 1.281,83

**DIMEN (kVA)** 999,83

Se muestra en la siguiente tabla la distribución de potencias por transformador, atendiendo a lo indicado en el Plano nº 2.03 en cuanto al transformador al que se conecta cada línea.

CT	Transformador	Carga (kVA)	Carga dim. (kVA)	Carga (%)
1	TR1: 630 kVA	615,06	479,74	76,15
	TR2: 630 kVA	589,28	459,64	72,96
2	TR1: 630 kVA	586,84	457,74	72,66
	TR2: 630 kVA	496,51	387,28	61,47
3	TR1: 630 kVA	674,51	526,12	83,51
	TR2: 630 kVA	589,91	460,13	73,04
4	TR1: 630 kVA	657,05	512,50	81,35
	TR2: 630 kVA	624,79	487,33	77,35

### 5.3. RED DE MEDIA TENSIÓN

#### 5.3.1. GENERALIDADES

Siguiendo las normas particulares de la empresa distribuidora, al tratarse de una zona industrial la red de media tensión discurrirá de forma subterránea. La red tendrá la estructura de anillo con los centros de transformación, siguiendo así las especificaciones de la compañía distribuidora y asegurándose de esta forma el suministro alternativo en caso de avería.

La tensión de suministro de la red de MT será de 15 kV. La red subterránea de MT estará formada por tres conductores unipolares de Al y sección 240 mm<sup>2</sup> del tipo RHZ-1 12/20 kV.

La empresa suministradora será la responsable de la protección de la línea en el inicio de esta, quedando estas protecciones fuera del alcance de este proyecto.

#### 5.3.2. CRITERIOS DE DISEÑO

- La tendencia será la de red mallada.
- En polígonos industriales la red deberá ser subterránea.
- El valor límite de la caída de tensión se establece en el 7 % con las condiciones de máxima carga y/o situación de emergencia.
- En caso de avería de una línea la red será capaz de socorrer la línea averiada sin superar el 100% de saturación máxima.
- La alimentación de los centros de transformación se diseñara con estructura en bucle con entrada y salida, con la finalidad de que cualquiera de los centros pueda recibir alimentación alternativa.

- Los cables serán de sección 3x1x400 mm<sup>2</sup> o 3x1x240 mm<sup>2</sup> de aluminio.

### 5.3.3. TRAZADO DE LA RED DE MT

La red de media tensión discurrirá por terrenos de dominio público bajo las aceras o calzada, preferentemente bajo las aceras y se evitarán ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Puede observarse el trazado de los cables en el documento Planos.

### 5.3.4. CANALIZACIONES

Las canalizaciones se dispondrán por terrenos de dominio público en suelo urbano, preferentemente bajo las aceras y se evitarán los ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, a poder ser paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su defecto, a los bordillos. Así mismo deberá tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos que pueden soportar los cables sin deteriorarse, a respetar en los cambios de dirección.

Los cables se instalarán directamente enterrados o en canalización entubada en función de si transcurren bajo acera o bajo calzada.

#### 5.3.4.1. DIRECTAMENTE ENTERRADOS

Conforme a lo indicado en el apartado 4.1 de la ITC-LAT-06, la profundidad hasta la parte superior del cable más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 metros en acera o tierra, ni de 0,8 metros en calzada.

La zanja será de la anchura suficiente para permitir el trabajo de un hombre, salvo que el tendido del cable se haga por medios mecánicos.

Sobre el fondo de la zanja se colocará una capa de arena o material de características equivalentes de espesor mínimo 5 cm y exenta de cuerpos extraños. Los laterales de la zanja han de ser compactos y no deben desprender piedras o tierra. La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad conforme a la normativa de PRL. Por encima del cable se dispondrá otra capa de mínimo 10 cm de espesor que podrá ser de arena u otro material con similares características.

Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán tener una protección mecánica que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J y que cubra la proyección en planta de los cables, así como una cinta de señalización.

#### 5.3.4.2. CANALIZACIÓN ENTUBADA

Siguiendo lo indica en el apartado 4.2 de la ITC-LAT-06, la profundidad hasta la parte superior del tubo no será menor a 0,6 metros en acera o tierra, ni de 0,8 metros en calzada. El diámetro del tubo será de **160 mm**.

Estarán construidas por tubos de material sintético, cemento o metálicos que presenten suficiente resistencia mecánica. El diámetro interior del tubo no será inferior a 1,5 veces el diámetro aparente de los cables de su interior. El interior será liso. No habrá más de un circuito por tubo.

Antes del tendido se eliminará de su interior la suciedad y tierra garantizándose el paso de los cables mediante mandrilado. Durante el tendido se deberán embocar correctamente para evitar la entrada de tierra u hormigón.

Se evitará en la medida de lo posible los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas respetando los cambios de curvatura indicados por el fabricante de los tubos. En los puntos donde se produzcan se dispondrá de arquetas registrables con motivo de facilitar la manipulación de los cables.

También se instalarán arquetas intermedias en los tramos rectos registrables, ciegas o simplemente calas de tiro con objeto de no sobrepasar las tensiones de tiro. A la entrada de las arquetas, las canalizaciones entubadas deberán quedar perfectamente selladas en sus extremos.

La canalización deberá tener una señalización colocada para advertir de la presencia de cables de alta tensión.

#### 5.3.5. CRUZAMIENTOS

Deberán cumplirse las condiciones en los cruzamientos de cables subterráneos de Alta Tensión indicadas en el capítulo 5.2 de la ITC-LAT-06.

#### 5.3.6. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

Deberán cumplirse las condiciones y distancias de proximidad indicadas en el capítulo 5.3 de la ITC-LAT-06.

#### 5.3.7. CONDUCTOR

Los cables al igual que el resto de materiales empleados en la instalación como las técnicas de montaje cumplirán con los requisitos y ensayos de las normas UNE aplicables que vienen indicadas en la ITC-LAT-02.

Los cables utilizados en redes subterráneas tal y como indica la ITC-LAT-06 pueden tener conductores de cobre o de aluminio. El conductor seleccionado en este caso será de aluminio.

Los cables deberán estar debidamente apantallados y protegidos contra la corrosión que pueda ocasionar el terreno o las corrientes erráticas y tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar las acciones de instalación, tendido y las habituales después de la instalación.

Los cables podrán ser unipolares o tripolares. El cable seleccionado en este caso será unipolar.

En la siguiente tabla se muestran las intensidades máximas para un conductor directamente enterrado.

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Figura 8: Intensidad máxima (A) para cables unipolar aislados de hasta 18/30 kV bajo tubo.

El conductor seleccionado será del tipo **RHZ-1 12/20 kV de sección 240 mm<sup>2</sup>** de aluminio con una intensidad máxima de **345 A**.

### 5.3.8. PROTECCIONES

Los sistemas de protección de las líneas de MT quedan fuera de este proyecto siendo obligación de la empresa suministradora. A modo orientativo, las protecciones deberán cumplir los siguientes aspectos.

- Contra sobreintensidades

Los cables estarán debidamente protegidos contra los defectos térmicos y dinámicos que puedan originarse debido a las sobreintensidades que puedan producirse en la instalación.

Las salidas de líneas deberán estar protegidas contra cortocircuitos, para ello se colocarán cortacircuitos fusibles o interruptores automáticos con emplazamiento en el inicio de las líneas.

- Contra sobrecargas

No será obligatorio establecer protecciones contra sobrecarga, si bien es necesario controlar la carga en el origen de la línea mediante el empleo de aparatos de medida, mediciones periódicas o bien por estimaciones estadísticas a partir de las cargas conectadas al mismo, con objeto de asegurar que la temperatura del cable no supere la máxima admisible.

- Contra defectos

Las protecciones garantizarán el despeje de las posibles faltas en un tiempo tal que la temperatura alcanzada en el conductor durante la misma no dañe al cable.

- Contra sobretensiones

Los cables aislados deben estar protegidos contra sobretensiones por medio de pararrayos de características adecuadas. El margen de protección entre el nivel de aislamiento del cable y el nivel de protección del pararrayos será como mínimo del 80%. Los pararrayos se colocarán en los lugares apropiados para proteger elementos de la red que puedan ser afectados por sobretensiones, como por ejemplo en las conversiones de línea aérea a línea subterránea. En todos los casos se cumplirá lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de pararrayos que se contempla en el MIE RAT 12 y MIE RAT 13 y en la norma UNE-EN 60071 Coordinación de Aislamiento.

### 5.3.9. EMPALMES Y TERMINACIONES

Los empalmes y terminales se confeccionarán siguiendo la norma UNE correspondiente cuando exista o, en su defecto, las instrucciones del fabricante. Serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar su resistencia eléctrica. Asimismo, los terminales deberán ser adecuados a las características ambientales.

### 5.3.10. PUESTA A TIERRA

Las pantallas metálicas de los cables de MT se conectarán a tierra en cada una de sus cajas terminales extremas.

### 5.3.11. RESUMEN

La red de Media Tensión discurrirá de forma subterránea, a una tensión de 15 kV y estará formada por tres conductores unipolares de Aluminio de sección 240 mm<sup>2</sup> y del tipo RHZ-1 12/20 kV.

Se utilizarán dos tipos de canalizaciones, directamente enterrado cuando el conductor circule bajo acera y bajo tubo de 160 mm de diámetro en los cruces de calzada, tal y como se indica en el anexo de Planos.

La red de MT tendrá forma de anillo, y estarán conectados los cuatros centros de transformación y la subestación AT/MT de la siguiente forma:

- Subestación - CT3
- CT3 - CT1
- CT1 – CT2
- CT2 – CT4
- CT4 – Subestación

## **5.4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA EL ALUMBRADO EXTERNO**

### **5.4.1. GENERALIDADES**

Las condiciones de suministro serán:

- Distribución trifásica con neutro 400/230 V
- Frecuencia: 50 Hz

### **5.4.2. ESPECIFICACIONES**

#### **5.4.2.1. ITC-BT-09**

Siguiendo la ITC-BT-09 de aplicación en instalaciones de alumbrado exterior, se establecen los siguientes criterios.

- La potencia aparente mínima en VA para la que estarán previstas las líneas de alimentación se considera 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas que alimente.
- El factor de potencia de cada punto de luz deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90.
- La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la misma será menor o igual que el 3%.
- Existirán diferentes niveles de iluminación con el fin de conseguir ahorros energéticos.



#### 5.4.2.2. REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR

El Reglamento Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior tiene por objeto establecer las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que deben reunir las instalaciones de alumbrado exterior con la finalidad de mejorar la eficiencia y ahorro energético.

Atendiendo al presente reglamento deberán cumplirse los siguientes requisitos.

- Eficiencia energética
  - Niveles de iluminancia:

Atendiendo a la clasificación de las vías expuesta en el capítulo 2 de la GUÍA-EA-02, las vías a iluminar son del tipo **B1** con IMD (Intensidad de tráfico) < 7.000 por lo que la clase de alumbrado será de tipo ME4b/ME5/ME6. En las siguientes tablas se muestran la clasificación del tipo de vías y las clases de alumbrado en vías tipo B.

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

Figura 9: Clasificación del tipo de vías.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado <sup>(*)</sup>
<b>B1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.</b></li> <li>• <b>Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.</b></li> </ul> <p>Intensidad de tráfico</p> <p>IMD <math>\geq 7.000</math> .....</p> <p>IMD <math>&lt; 7.000</math> .....</p>	ME2 / ME3c ME4b / ME5 / ME6
<b>B2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Carreteras locales en áreas rurales.</b></li> </ul> <p>Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.</p> <p>IMD <math>\geq 7.000</math> .....</p> <p>IMD <math>&lt; 7.000</math> .....</p>	ME2 / ME3b ME4b / ME5

Figura 10: Clase de alumbrado en vías de tipo B.

Siguiendo los criterios expuestos en dicho capítulo y el criterio personal del proyectista la clase de alumbrado que se toma para las vías a iluminar es **ME4b**.

Por lo tanto los valores que se deberán asegurar en el alumbrado de la calzada son los recogidos en la siguiente tabla, que corresponde a la tabla 6 de la GUÍA-EA-02.

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia <sup>(4)</sup> Media $L_m$ (cd/m <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	Uniformidad Global $U_o$ [mínima]	Uniformidad Longitudinal $U_l$ [mínima]	Incremento Umbral $Tl$ (%) <sup>(2)</sup> [máximo]	Relación Entorno $SR$ <sup>(3)</sup> [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

Figura 11: Requisitos fotométricos en función de la clase de alumbrado.

Mientras que en las aceras, la clase de alumbrado que deberá verificarse será **CE5** con las exigencias indicadas en la tabla inferior, correspondiente a la tabla 9 de la GUÍA-EA-02.

Clase de Alumbrado <sup>(1)</sup>	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media $E_m$ (lux) [mínima mantenida <sup>(1)</sup> ]	Uniformidad Media $U_m$ [mínima]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

Figura 12: Requisitos fotométricos en función de la clase de alumbrado.

- Requisitos mínimos de eficiencia energética:

En la GUÍA-EA-01 viene recogido en la tabla 1 los requisitos mínimos de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado vial funcional tipo A y B.

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
$\geq 30$	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Figura 13: Requisitos mínimos de eficiencia energética.

En el Anexo de Cálculos justificativos se indican los cálculos realizados y la calificación energética de la instalación conforme los cálculos obtenidos siguiendo lo indicado en la ITC-EA-01. En él se verifica que se cumplen los valores mínimos exigidos.

- Sistema de accionamiento y de regulación del nivel luminoso:

Según el capítulo 5 de la GUÍA-EA-04 toda instalación exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superior a 5 kW, deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado.

- Calificación energética

Las instalación de alumbrado exterior se calificará en función de su índice de eficiencia energética, tal y como se indica en el capítulo 3 de la GUÍA-EA-01. La calificación energética realizada en el documento de Cálculos justificativos califica la instalación como de **tipo A**.

- Resplandor luminoso nocturno , luz intrusa o molesta

- Resplandor luminoso:

El resplandor luminoso es la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz. Según la tabla 1 de la GUÍA-EA-03 la zona del proyecto está clasificada como E3 (Áreas de brillo o luminosidad media). Atendiendo a la tabla 2 el FHSinst (flujo hemisférico superior instalado) o emisión directa de las luminarias a implantar será menor o igual que el 15%.

También deberán cumplirse los siguientes requisitos:

- Se iluminarán solamente las zonas que se quieran dotar de alumbrado.
- Los niveles de iluminación no deberán superar los valores máximos establecidos en la ITC-EA-02.
- El factor de utilización y el factor de mantenimiento de la instalación satisfarán los valores mínimos establecidos en la ITC-EA-04.

○ Luz intrusa o molesta:

Con objeto de minimizar los efectos de la luz intrusa o molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior, la instalación se diseña para que cumplan los valores máximos establecidos en la tabla 3 de la ITC-EA-03.

Parámetros luminotécnicos	Valores máximos			
	Observatorios astronómicos y parques naturales E1	Zonas periurbanas y áreas rurales E2	Zonas urbanas residenciales E3	Centros urbanos y áreas comerciales E4
Iluminancia vertical ( $E_v$ )	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
Intensidad luminosa emitida por las luminarias ( $I$ )	2.500 cd	7.500 cd	10.000 cd	25.000 cd
Luminancia media de las fachadas ( $L_m$ )	5 cd/m <sup>2</sup>	5 cd/m <sup>2</sup>	10 cd/m <sup>2</sup>	25 cd/m <sup>2</sup>
Luminancia máxima de las fachadas ( $L_{max}$ )	10 cd/m <sup>2</sup>	10 cd/m <sup>2</sup>	60 cd/m <sup>2</sup>	150 cd/m <sup>2</sup>
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos ( $L_{máx}$ )	50 cd/m <sup>2</sup>	400 cd/m <sup>2</sup>	800 cd/m <sup>2</sup>	1.000 cd/m <sup>2</sup>
Incremento de umbral de contraste ( $TI$ )	Clase de Alumbrado			
	Sin iluminación	ME 5	ME3 / ME4	ME1 / ME2
	TI = 15% para adaptación a $L = 0,1 \text{ cd/m}^2$	TI = 15% para adaptación a $L = 1 \text{ cd/m}^2$	TI = 15% para adaptación a $L = 2 \text{ cd/m}^2$	TI = 15% para adaptación a $L = 5 \text{ cd/m}^2$

Figura 14: Limitaciones de la luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior.

#### 5.4.3. ACOMETIDAS

La acometida se decide que sea subterránea por motivo de seguridad ya que se trata de una zona de pública concurrencia. La acometida se realizará de acuerdo con las prescripciones particulares de la compañía suministradora, aprobadas según lo previsto en la ITC-BT-09.

#### 5.4.4. CUADRO DE PROTECCIÓN, MEDIDA Y CONTROL

Las líneas de alimentación a los puntos de luz y de control partirán desde un cuadro de protección y control.

Las líneas estarán protegidas individualmente, con corte omnipolar, en este cuadro, tanto contra sobrintensidades (sobrecargas y cortocircuitos), como contra corrientes de defecto a tierra y contra sobretensiones cuando los equipos instalados lo precisen.

La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, que podrán ser de reenganche automático, será como máximo de 300 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30  $\Omega$ .

Si el sistema de accionamiento del alumbrado se realiza con interruptores horarios o fotoeléctricos, se dispondrá además de un interruptor manual que permita el accionamiento del sistema, con independencia de los dispositivos citados.

La envolvente del cuadro, proporcionará un grado de protección mínima IP55 según UNE 20.324 e IK10 según UNE-EN 50.102 y dispondrá de un sistema de cierre que permita el acceso exclusivo al mismo, del personal autorizado, con su puerta de acceso situada a una altura comprendida entre 2m y 0,3 m. Los elementos de medidas estarán situados en un módulo independiente.

Las partes metálicas del cuadro irán conectadas a tierra.

Se instalará un cuadro de protección medida y control (Cuadro de Alumbrado) **modelo Arelsa serie AMI o similar**, que cumple todo lo anteriormente indicado y corresponde al de la siguiente imagen.



Figura 15: Vista interior del cuadro de alumbrado Arelsa serie AMI.

El Cuadro de Alumbrado Arelsa serie AMI está destinado para instalaciones de alumbrado exterior de hasta potencias de 15 kW. Tiene un regulador de flujo para cada fase y aloja hasta 4 salidas.

Presenta las siguientes características mecánicas:

- Acero inoxidable 100% reciclable.
- Grado de protección hasta IK10 e IP55.
- Tejadillo vierteaguas.
- Antivandálicos: puertas empotrables y cerraduras de seguridad.
- Cantos redondeados.

Presenta las siguientes características eléctricas:

- Tensión de funcionamiento 3x400/230 V.

- Potencia máxima 15 kW.
- Acometida eléctrica según normas de Compañía suministradora.
- Contador electrónico telegestionable.
- Línea principal de distribución y protecciones según Normativa.
- Salidas con contactor y protegidas con magnetotérmico y diferencial de 300mA.
- Iluminación interior y toma de corriente.
- Módulos para la telegestión y el ahorro energético.
- Regulador electrónico independiente para cada una de las fases.

#### 5.4.5. CABLES

Siguiendo la recomendación de la GUÍA-BT-09 se limitará la sección máxima a 25 mm<sup>2</sup> con el objeto de poder manipular adecuadamente los conductores. La sección mínima será de 6 mm<sup>2</sup> incluida la del neutro.

El conductor neutro de cada circuito solo podrá ser usado en ese mismo circuito.

Los tubos irán enterrados a una profundidad mínima de 0,4 metros del nivel del suelo y su diámetro no será inferior a 60 mm.

Se colocará una cinta de señalización situada a una distancia del nivel del suelo de 0,10 metros y a 0,25 metros por encima del tubo.

En los cruzamientos de calzadas, la canalización además de ir entubada deberá ir hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.

Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas que estarán situadas dentro de los soportes de las luminarias y a una altura mínima de 0,3 metros sobre el nivel del suelo o en una arqueta registrable, de forma que se garantice la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

Los cables seleccionados siguiendo la normativa vigente indicada serán **conductores tetrapolares de cobre, sección de 6 mm<sup>2</sup> y tensión asignada de 0,6/1 kV**. Los cables irán entubados y cumplirán las especificaciones de la norma UNE21123.

#### 5.4.6. ZANJAS

Se considerarán tres tipos diferentes de zanjas:

- **Zanjas en aceras, arcenes y medianas:**

La zanja bajo aceras, arcenes y medianas, pavimentadas o de suelo de tierra, tendrán una profundidad adecuada, aproximadamente de 71 cm, de forma que la superficie superior de los dos tubos de plástico liso se encuentre a una distancia de 50 cm por debajo de la rasante del pavimento o suelo de tierra y una anchura de 40 cm. El fondo de la zanja se dejará limpio de piedras y cascotes, instalando posteriormente

separadores de PVC tipo "telefónica" cada 100 cm, y colocando sobre ellos, a una distancia mínima de 3 cm, dos tubos de PVC-U liso, tipo presión PN 6, según Norma UNE-EN-1452, de 110 mm de diámetro y 2,7 mm de espesor o también dos tubos de doble pared corrugado por el exterior y liso por el interior, del mismo diámetro y según la norma UNE EN 50086.2.4-N, rellenando el fondo de la zanja y recubriendo los tubos con hormigón HM-12,5 de consistencia blanda, tamaño máximo del árido 40 mm en terreno de exposición clase normal, subclase húmeda alta, de resistencia característica 12,5 N/mm<sup>2</sup> y un espesor de 10 cm por encima de los mismos.

El resto de la zanja se rellenará bien con productos de aportación seleccionados hasta su llenado total, compactándolo mecánicamente por tongadas no superiores a 15 cm, siendo la densidad de compactación el 98% del proctor modificado, o bien con hormigón HM-12,5.

A 15 cm de la parte superior del dado de hormigón donde se encuentran los tubos de plástico, se colocará una malla de señalización de color verde, de 40 cm de ancho. La terminación de la zanja se ejecutará reponiendo el tipo de pavimento o suelo de tierra existente inicialmente o proyectado.

- **Zanja en jardines:**

La zanja bajo andadores, caminos peatonales y tierra de labor en jardines tendrá una profundidad adecuada, aproximadamente de 71 cm, de forma que la superficie superior de los dos tubos de plástico liso se encuentre a una distancia de 50 cm por debajo de la rasante del andador, camino peatonal o césped, y una anchura de 40 cm, admitiéndose una anchura de 30 cm en el caso de un único tubo de plástico liso.

La zanja transcurrirá a ser posible por los andadores y caminos peatonales, y en la parte próxima a la zona verde, o, en su caso, por la zona verde, junto a dichos andadores y caminos peatonales, sin que en las proximidades de la zanja se planten árboles de raíz profunda.

El fondo de la zanja se dejará limpio de piedras y cascotes, instalando posteriormente separadores de PVC tipo "telefónica" cada 100 cm, a una distancia entre sí de 3 cm y colocando dos tubos de PVC-U liso, tipo de presión PN 6, según Norma UNE-EN-1452, de 110 mm de diámetro y 2,7 mm de espesor, o también dos tubos de doble pared corrugado por el exterior y liso por el interior, del mismo diámetro y según la Norma UNE EN 50086.2-4-N, rellenando el fondo de la zanja y recubriendo los tubos con hormigón HM-12,5 de consistencia blanda, tamaño máximo del árido de 40 mm en terreno de exposición clase normal, subclase húmeda alta, de resistencia característica 12,5 N/mm<sup>2</sup> y un espesor de 10 cm por encima de los mismos.

En el caso de un solo tubo de plástico una vez limpiado el fondo de la zanja, se preparará un lecho de hormigón de resistencia característica 12,5 N/mm<sup>2</sup> de 10 cm de espesor, colocando el tubo de plástico liso y recubriéndolo con dicho hormigón con un espesor de 10 cm por encima del mismo.

El resto de la zanja se rellenará bien con productos de aportación seleccionados hasta su llenado total, compactándolo mecánicamente por tongadas no superiores a 15 cm, siendo la densidad de compactación el 98% del proctor modificado, o bien con hormigón HM-12,5.

A 15 cm de la parte superior del dado de hormigón, donde se encuentra el tubo o tubos de plástico, se colocará una malla de señalización de color verde, de 40 cm de anchura en zanja de 40 cm y de 30 cm en zanja de 30 cm. La terminación de la zanja se ejecutará reponiendo el tipo de pavimento o tierra de labor existente inicialmente o proyectado.

- **Zanja en cruces de calzada:**

La zanja tipo cruce de calzada tendrá una profundidad adecuada, aproximadamente de 105 cm, de forma que la superficie superior de los tubos de plástico más próximos a la calzada se encuentre a una distancia de 70 cm por debajo del pavimento de la misma, y una anchura de 40 cm.

El fondo de la zanja se limpiará de piedras y cascotes, preparando un lecho de hormigón HM-12,5 de consistencia blanda, tamaño del árido de 40 mm en terreno de exposición, clase normal, subclase húmeda alta, de resistencia característica 12,5 N/mm<sup>2</sup> de 10 cm de espesor, colocando dos tubos de PVC-U liso, tipo de presión PN 6, según Norma UNE-EN-1452, de 110 mm de diámetro y 2,7 mm de espesor, o también dos tubos de doble pared corrugado por el exterior y liso por el interior, del mismo diámetro y según la Norma UNE EN 50086.2-4-N a una distancia de 3 cm entre sí, e instalando sobre dichos tubos apoyados en el lecho de hormigón separadores tipo "telefónica" cada 100 cm y colocando dos tubos de plástico de idénticas características a los anteriormente citados sobre los separadores y a una distancia mínima de 3 cm entre sí, rellenando y recubriendo los cuatro tubos con el mismo tipo de hormigón HM-12,5 y un espesor de 15 cm por encima de los mismos.

El resto de la zanja se rellenará con hormigón HM-12,5 consistencia blanda, tamaño máximo del árido 40 mm en terreno de exposición clase normal, subclase húmeda alta, al objeto de evitar posibles asentamientos.

A 10 cm de la parte superior del dado de hormigón, donde se encuentran los tubos, se colocará una malla de señalización de color verde, de 40 cm de ancho. La terminación de la zanja en su parte superior se ajustará a reponer el pavimento existente inicialmente o proyectado.

- **Cruces con otras canalizaciones:**

En los cruces con canalizaciones eléctricas o de otra naturaleza (agua, alcantarillado, teléfonos, gas, etc.), se dispondrán dos tubos de PVC-U liso, tipo de presión PN 6, según Norma UNE-EN-1452, de 110 mm de diámetro y 2,7 mm de espesor, rodeado de una capa de hormigón HM-12,5 de consistencia blanda, tamaño máximo del árido de 40 mm en terreno de exposición, clase normal, subclase húmeda alta, de resistencia característica 15,5 N/mm<sup>2</sup> de 10 cm de espesor. La longitud de los tubos hormigonados será, como mínimo, de 100 cm a cada lado de la canalización existente, debiendo ser la distancia entre ésta y la pared exterior de los tubos de plástico de 15 cm como mínimo. En el caso de que las secciones de los conductores eléctricos de los circuitos de alimentación sean elevadas se adoptarán tubos de plástico liso, de diámetro adecuado.



Asimismo, en el caso de dificultades en los cruces con otras canalizaciones se adoptarán las soluciones más idóneas.

Los tubos a utilizar en las canalizaciones serán de plástico liso, de PVC-U, del tipo de presión PN 6, y, respecto a ensayos, cumplimentarán lo dictaminado en la Norma UNE-EN-1452.

#### 5.4.7. PUNTOS DE LUZ

##### 5.4.7.1. SOPORTES DE LUMINARIAS

Los soportes de luminarias seleccionados serán de la **marca Philiphs modelo Iridium**, con forma de columna troncocónica de una altura de 10 metros y un diámetro en punta de 76 mm. La luminaria se colocará directamente en la punta. Serán de acero galvanizado pintado.

Los soportes de luminarias de alumbrado exterior se ajustan a la normativa vigente, que indica lo siguiente:

Serán de materiales resistentes a las acciones de la intemperie. Estarán dimensionados de forma que resistan las sollicitaciones mecánicas con un coeficiente de seguridad mínimo de 2,5.

Los soportes dispondrán de una abertura para acceder a los elementos de protección y maniobra. La parte inferior de la abertura estará colocada como mínimo a 0,30 metros de la rasante, y estará dotada de una puerta o trampilla que solo se podrá abrir con útiles especiales y en caso de ser metálica dispondrá de un borne de tierra.

En la instalación eléctrica del interior se cumplirá:

- Los conductores serán de cobre y sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>. No existirán empalmes en el interior del soporte.
- En los puntos de entrada del cable al interior del soporte se dispondrá de una protección suplementaria de material aislante.
- La conexión a los terminales se hará de forma que no ejerza ningún esfuerzo de tracción sobre los conductores.

##### 5.4.7.2. LUMINARIAS

Las luminarias que se instalarán serán de la marca **Philiphs modelo SGS 452 versión cerrada** para potencias de hasta 70 W.

La luminaria es conforme la norma UNE-EN 60.598 -2-3.



*Figura 16: Luminaria Iridium SGS452.*

#### 5.4.7.3. LÁMPARAS

Las lámparas empleadas para el alumbrado de los distintos viales serán de vapor de sodio a alta presión. El modelo seleccionado será de la **marca Philips modelo IRIDIUM y de una potencia de 70W**.

Las lámparas proporcionan un flujo luminoso de 6.000 Lm y una eficacia de 84 Lm/W. Dichas lámparas tienen una duración de 22.000 horas para el 20% de fallos y de 28.000 horas para un 50% de fallos.

#### 5.4.8. PROTECCIONES ELÉCTRICAS CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

La luminaria seleccionada anteriormente indicada es de Clase II, por lo que la luminaria no tendrá que estar conectada al punto de puesta a tierra del soporte.

Las partes metálicas accesibles de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra. Se excluyen de esta prescripción aquellas partes metálicas que, teniendo un doble aislamiento, no sean accesibles al público en general. Para el acceso al interior de las luminarias que estén instaladas a una altura inferior a 3 m sobre el suelo o en un espacio accesible al público, se requerirá el empleo de útiles especiales. Las partes metálicas de los kioscos, marquesinas, cabinas telefónicas, paneles de anuncios y demás elementos de mobiliario urbano, que estén a una distancia inferior a 2 m de las partes metálicas de la instalación de alumbrado exterior y que sean susceptibles de ser tocadas simultáneamente, deberán estar puestas a tierra.

#### 5.4.9. PUESTA A TIERRA

La máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación.

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control.

En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 3 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea. Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm<sup>2</sup> de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.
- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm<sup>2</sup> para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une de cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm<sup>2</sup> de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra, se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

#### 5.4.10. RESUMEN

Se instalarán 100 luminarias de la marca **Philiphs modelo SGS 452 versión cerrada** equipadas con lámparas de vapor de sodio a alta presión de 70 W. Se colocaran sobre una columna troncocónica de 10 metros de altura. La disposición de cada una de las luminarias viene indicada en el documento de Planos.

El Cuadro de Alumbrado a instalar será de la **marca Arelsa serie AMI** con capacidad para hasta 15 kW y hasta cuatro salidas.

El cable a instalar será **conductor tetrapolar de cobre cobre, sección de 6 mm<sup>2</sup> y tensión asignada de 0,6/1 kV**. El cable irá bajo tubo de 110 mm de diámetro.

La disposición de cada una de las luminarias se muestra en el documento de Planos. Los cálculos para verificar que se cumple lo expuesto en la Memoria referido a la ITC-BT-09 y al Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de alumbrado exterior vienen indicados en el documento de Cálculos justificativos.

**6. RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>IMPORTE</b>
RED SUBTERRÁNEA BT.....	488.411,06 €
CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS.....	265.324,00 €
RED MEDIA TENSIÓN.....	113.347,47 €
RED DE ALUMBRADO.....	132.442,25 €
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL.....</b>	<b>999.524,78 €</b>
GASTOS GENERALES (13%).....	129.938,22 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%).....	59.971,49 €
<b>IMPORTE TOTAL.....</b>	<b>1.189.434,49 €</b>
IVA(21%).....	249.781,24 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LIQUIDACIÓN...</b>	<b>1.439.215,73 €</b>

El presupuesto asciende a la cantidad de UN MILLÓN CUATROCIENTOS TREINTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS QUINCE EUROS con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS.

## 7. CONCLUSIONES

El presente proyecto tiene como objeto la redacción y elaboración de todos los documentos necesarios para adquirir la Autorización Administrativa y de Ejecución de Obra, para llevar a cabo la electrificación de unos terrenos localizados en la provincia de Zaragoza, en la carretera de Logroño km 8.

En él se ha llevado a cabo la descripción y el cálculo de las instalaciones de la forma más detallada posible siguiendo las directrices y normas indicadas en el proyecto.

Esta Memoria es acompañada por los siguientes documentos: Cálculos justificativos, Planos, Pliego de condiciones, Estudio básico sobre Seguridad y Salud y Presupuesto.

Se queda a disposición de la autoridad competente para cualquier aclaración o modificación que se estime conveniente.

Zaragoza, julio de 2015  
El Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales



Fdo: Ignacio Gracia Subira

# CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

---

## ÍNDICE CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

---

<b>1. PREVISIÓN DE POTENCIAS .....</b>	<b>61</b>
1.1. PREVISIÓN DE POTENCIA PARA LAS NAVES .....	61
1.2. PREVISIÓN DE POTENCIA PARA ALUMBRADO EXTERNO .....	62
1.3. RESUMEN PREVISIÓN DE POTENCIAS .....	63
<b>2. CÁLCULO RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN .....</b>	<b>64</b>
2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS .....	64
2.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO .....	64
2.3. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE.....	64
2.4. CÁLCULO DEL MOMENTO ELÉCTRICO .....	65
2.5. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DESDE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.....	66
2.5.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº1 (630 + 630 KVA).....	67
2.5.2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº2 (630 + 630 KVA).....	69
2.5.3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº 3 (630 + 630 KVA) .....	72
2.5.4. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº4 (630 + 630 KVA).....	75
2.6. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO .....	77
2.6.1. DEFINICIONES.....	77
2.6.2. CÁLCULOS .....	77
<b>3. CÁLCULOS RED DE MEDIA TENSIÓN .....</b>	<b>80</b>
3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS .....	80
3.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO .....	80
3.3. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD Y POTENCIA MÁXIMA ADMISIBLE .....	81
3.4. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO.....	82
3.5. CÁLCULO CAÍDA DE TENSIÓN .....	83
<b>4. CÁLCULOS DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN .....</b>	<b>85</b>
4.1. DIMENSIONADO DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN .....	85
4.2. INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN .....	86
4.3. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN .....	86
4.4. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO .....	87

4.4.1.	LADO DE MEDIA TENSIÓN .....	87
4.4.2.	LADO DE BAJA TENSIÓN .....	87
<b>4.5.</b>	<b>DIMENSIONADO DEL EMBARRADO .....</b>	<b>88</b>
4.5.1.	COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE .....	88
4.5.2.	COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA .....	88
4.5.3.	COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA .....	88
<b>4.6.</b>	<b>PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS .....</b>	<b>88</b>
<b>4.7.</b>	<b>DIMENSIONADO DE LOS PUENTES DE MT .....</b>	<b>89</b>
<b>4.8.</b>	<b>DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CT .....</b>	<b>89</b>
<b>4.9.</b>	<b>DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS .....</b>	<b>90</b>
<b>4.10.</b>	<b>CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA .....</b>	<b>90</b>
4.10.1.	INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO .....	90
4.10.2.	DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y DEL TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE A LA ELIMINACIÓN DEL DEFECTO. ....	90
4.10.3.	DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA .....	91
4.10.4.	CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRA .....	92
4.10.5.	CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN .....	94
4.10.6.	CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN .....	95
4.10.7.	CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS.....	96
4.10.8.	INVESTIGACIÓN DE LAS TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR .....	97
4.10.9.	CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL .....	98
<b>5.</b>	<b>CÁLCULOS ALUMBRADO .....</b>	<b>99</b>
<b>5.1.</b>	<b>CÁLCULOS ELÉCTRICOS .....</b>	<b>99</b>
5.1.1.	DEFINICIONES.....	99
5.1.2.	CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES.....	100
5.1.3.	CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA.....	105
<b>5.2.</b>	<b>CÁLCULOS LUMÍNICOS .....</b>	<b>106</b>
5.2.1.	TIPO DE LUMINARIA A UTILIZAR.....	106
5.2.2.	LÁMPARA A UTILIZAR .....	106
5.2.3.	MÁSTIL .....	107
5.2.4.	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.....	107
5.2.5.	CÁLCULO NIVELES DE ILUMINACIÓN .....	108
5.2.6.	CÁLCULO DEL VALOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA E ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA...120	
5.2.7.	RESUMEN ILUMINACIÓN .....	125



## 1. PREVISIÓN DE POTENCIAS

### 1.1. PREVISIÓN DE POTENCIA PARA LAS NAVES

Atendiendo a la clasificación de los lugares de consumo realizada en la ITC-BT-10 del REBT, las naves del polígono se consideran edificios destinados a una concentración de industrias. Por lo tanto, la demanda de potencia a prever se calculará considerando un mínimo de 125 W por metro cuadrado y planta, con un mínimo por local de 10.350 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

Siguiendo estas pautas se obtiene la siguiente previsión de potencias para cada una de las parcelas.

Nave	Superficie (m2)	Potencia (kW)
1a	320	40,00
1b	320	40,00
1c	320	40,00
1d	320	40,00
1e	320	40,00
1f	320	40,00
1g	320	40,00
2a	300	37,50
2b	300	37,50
2c	300	37,50
2d	300	37,50
2e	300	37,50
2f	600	75,00
3a	398,48	49,81
3b	537,32	67,17
3c	492,48	61,56
3d	467,58	58,45
3e	442,62	55,33
3f	418,02	52,25
3g	313,26	39,16
3h	333	41,63
3i	360,15	45,02
3j	809,61	101,20
3k	820,28	102,54
3l	540,01	67,50
3m	540,46	67,56
3n	530,6	66,33
4a	729,47	91,18
4b	729,47	91,18
4c	729,47	91,18
4d	729,47	91,18
4e	729,47	91,18
4f	931,17	116,40
4g	931,17	116,40

Nave	Superficie (m2)	Potencia (kW)
4h	925,91	115,74
4i	926,37	115,80
4j	926,08	115,76
4k	926,37	115,80
4l	689,98	86,25
4m	752,12	94,02
4n	751,47	93,93
4o	874,74	109,34
45a	281,52	35,19
5b	281,52	35,19
5c	281,52	35,19
5d	281,52	35,19
5e	281,52	35,19
5f	281,52	35,19
5g	269,01	33,63
5h	457,53	57,19
5i	655,85	81,98
5j	426,05	53,26
5k	655,85	81,98
5l	394,56	49,32
5m	655,85	81,98
5n	278,55	34,82
5o	301,28	37,66
5p	1291,7	161,46
5q	1030,3	128,79
5r	805,06	100,63
6a	452,47	56,56
6b	524	65,50
6c	530	66,25
6d	670	83,75

Potencia total (kW) 4339,223

La potencia total será de **4339,223 kW**.

La potencia aparente total (utilizando f.d.p. = 0,9) será **4821,358 kVA**.

## 1.2. PREVISIÓN DE POTENCIA PARA ALUMBRADO EXTERNO

Conforme a los cálculos y diseño del sistema de alumbrado externo (Capítulo 5.2 del Anexo de Cálculos justificativos), el número de luminarias PHILIPS LIGHTING SGS452 necesarias para el correcto alumbrado del polígono es de 100 luminarias. Cada

una de ellas estará equipada con una lámpara de vapor de sodio a alta presión de la marca Phillips modelo IRIDIUM y de potencia 70W.

Atendiendo a las indicaciones de la ITC-BT-09 que indica que la potencia aparente que absorbe una luminaria será como mínimo 1,8 veces el valor de la potencia de la lámpara con la que este equipada, y que el factor de potencia de las cargas deberá estar compensado hasta un factor de potencia de 0,9, se obtiene las siguientes potencias para alumbrado externo.

La potencia aparente total del alumbrado es de  $(100 \times 70 \times 1,8)$  **12,6 kVA**.

La potencia total del alumbrado es de **11,34 kW** (fdp= 0,9).

### 1.3. RESUMEN PREVISIÓN DE POTENCIAS

	Potencia (kW)	Potencia ap. (kVA)
Naves	4.339,22	4.821,36
Alumbrado	11,34	12,60
<b>TOTAL</b>	<b>4.350,56</b>	<b>4.833,96</b>

La potencia total de la instalación es de **4.350,56 kW**.

La potencia aparente total de la instalación es de **4.833,96 kVA**.

## **2. CÁLCULO RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

### **2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

La red de distribución de Baja Tensión es la encargada de distribuir la energía desde los Centros de Transformación prefabricados hasta las distintas Cajas Generales de Protección.

La situación de cada uno de los centro de transformación y de la red de baja tensión viene indicada en el documento Planos.

Las prescripciones reglamentarias para el diseño y cálculo de la red subterránea de baja tensión son:

- La red será trifásica 400/230 V con neutro puesto a tierra.
- El conductor elegido es RV 0,6/1 kV 3x240 + 1x150 Al.
- La intensidad en régimen permanente no superará un 85% de saturación.
- La caída de tensión no superará el 5%.

### **2.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO**

Posteriormente al cálculo de la previsión de potencias estimada (Capítulo 1 del Anexo de Cálculos justificativos), se determina la posición y el número de Centros de transformación que serán necesarios para satisfacer las necesidades de potencia. Puede verse la distribución de los centros en el documento de Planos.

Una vez determinada la posición de los centros de transformación se realiza el trazado de la red de baja tensión, siguiendo los criterios indicados en la Memoria colocando el número de líneas necesarias para cumplir las exigencias citadas.

Finalmente debe verificarse que la intensidad que circula en régimen permanente por el conductor no supera el 85%, así como que la caída de tensión es inferior al 5%.

### **2.3. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE**

Para el cálculo de las intensidades máximas admisibles se sigue el procedimiento que viene recogido en el capítulo 3 la ITC-BT-07 del REBT así como en la norma técnica particular de la empresa suministradora.

La intensidad máxima admisible para el conductor de fase seleccionado (RV 0,6/1 kV 240 mm<sup>2</sup> Al) según la tabla 4 de la ITC-BT-07 es de 430 A.

SECCIÓN NOMINAL mm²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1cable tripolar o tetrapolar (3)		
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
16	97	94	86	90	86	76
25	125	120	110	115	110	98
35	150	145	130	140	135	120
50	180	175	155	165	160	140
70	220	215	190	205	220	170
95	260	255	225	240	235	210
120	295	290	260	275	270	235
150	330	325	290	310	305	265
185	375	365	325	350	345	300
240	430	420	380	405	395	350
300	485	475	430	460	445	395
400	550	540	480	520	500	445
500	615	605	525	-	-	-
630	690	680	600	-	-	-

Figura 17: Intensidad máxima (A) en conductores de aluminio en instalación enterrada.

Posteriormente será necesario aplicar los diferentes factores de corrección expuestos en la ITC-BT-07 para determinar cuál será la intensidad máxima admisible real del conductor ante las condiciones que se encontrará en la instalación proyectada.

Se aplicarán los siguientes factores de corrección indicados en la siguiente tabla, correspondiente a la tabla 8 de la ITC-BT-07, en función del número de cables unipolares y la distancia entre ellos.

Separación entre los cables o ternas	Número de cables o ternas de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
D=0 (en contacto)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
d= 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,50
d= 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d= 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d= 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62	0,60
d= 0,25 m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64	0,62

Figura 18: Factores de corrección para ternas de cables unipolares.

## 2.4. CÁLCULO DEL MOMENTO ELÉCTRICO

Se sigue el procedimiento indicado en la Norma Técnica Particular de Endesa para instalaciones en baja tensión.

Para verificar que la caída de tensión en un conductor no supera el 5% se calcula el momento eléctrico de la carga tal y como se indica en la Norma Técnica Particular para instalaciones en baja tensión de Endesa.

Se denomina momento eléctrico de una carga trifásica equilibrada  $P$  en (kW), situada a una distancia del origen  $L$  en (Km), a  $M = P \times L$  y se expresa en kW.Km.

Se denomina momento eléctrico específico,  $M_1$ , a aquel que para una línea determinada origina una caída de tensión relativa del 1%.

El valor del momento eléctrico específico para los conductores aceptados viene recogido en la tabla 25 de la norma anteriormente citada.

Sección del conductor	Valores de $M_1$ (kW/km), a 25 °C		
	$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 0,9$	$\cos \varphi = 0,8$
50 mm <sup>2</sup>	2,50	2,34	2,08
95 mm <sup>2</sup>	5,00	4,46	4,21
150 mm <sup>2</sup>	7,62	6,43	5,93
240 mm <sup>2</sup>	12,32	9,48	8,42

Figura 19: Momentos eléctricos  $M_1$

Se toma  $\text{fdp} = 0.9$  y la sección es de 240 mm<sup>2</sup> con lo que el momento específico del conductor es  $M_1 = 9,48$  kW/Km.

La caída de tensión de una carga de momento eléctrico  $M$  alimentada por una línea de momento eléctrico  $M_1$ , se determina según la siguiente expresión:

$$e = \frac{M}{M_1}$$

Este valor no podrá ser superior a un 5%.

## 2.5. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DESDE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

A continuación se expone para cada Centro de Transformación el número de líneas que salen de él, y las cargas que alimenta cada una verificando que se cumplen en cada momento las exigencias tanto de intensidad máxima admisible como la de una caída máxima de tensión del 5% entre inicio y final de línea (no se incluyen las líneas de alumbrado).

La potencia aparente,  $S$ , de cada línea se obtiene mediante la siguiente expresión a partir de las potencias,  $P$ , calculadas en el capítulo 1.1 Previsión de potencias.

$$S = \frac{P}{0,9}$$

La intensidad que circula por cada línea se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * 400}$$

La saturación de un conductor se calcula como el cociente entre la intensidad que circula por el conductor y la máxima intensidad admisible que puede circular por el mismo.

$$\text{Saturación (\%)} = \frac{\text{Intensidad}}{I. \text{Admisible}} * 100$$

### 2.5.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN N°1 (630 + 630 KVA)

Características de la red:

Tensión: 400/230 V

Factor de potencia: 0,9

Centro de Transformación n°1			
Línea	Naves	Potencia aparente (VA)	Intensidad (A)
1.1	1a, 1b,1c,1d	177.777,78	256,60
1.2	1e,1f,1g	133.333,33	192,45
1.3	4a	101.315,28	146,24
1.4	4b	101.315,28	146,24
1.5	4c	101.315,28	146,24
1.6	4d	101.315,28	146,24
1.7	4e	101.315,28	146,24
1.8	4g	129.329,17	186,67
1.9	4i	128.662,50	185,71
1.10	4k	128.662,50	185,71

En la siguiente tabla se muestra la intensidad admisible de cada una de las 10 líneas que salen del CT1 y su saturación según la intensidad indicada que circulara en régimen permanente.

Línea	Int. Admisible (A)	Intensidad (A)	Saturación (%)
1.1	374,1	256,60	68,6
1.2	374,1	192,45	51,4
1.3	309,6	146,24	47,2
1.4	309,6	146,24	47,2
1.5	309,6	146,24	47,2
1.6	309,6	146,24	47,2
1.7	309,6	146,24	47,2
1.8	309,6	186,67	60,3
1.9	309,6	185,71	60,0
1.10	309,6	185,71	60,0

Se aplica un factor de corrección por agrupación de ternas de cables unipolares de 0,87 (líneas 1.1 y 1.2) y 0,72 (líneas 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10).

Donde

- 0,87: d = 0,15 m; 2 cables.
- 0,72: d = 0,15 m; 4 cables (se harían dos zanjas independientes).

A continuación se exponen los cálculos del momento eléctrico de cada una de líneas con el fin del cálculo de la caída de tensión (%) que deberá ser inferior al 5%.

Las longitudes indicadas están en metros, las potencias en kW y el momento eléctrico en kW\*Km.

#### 2.5.1.1. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 1.1

L1	L 2	L 3	L 4	P1	P2	P3	P4	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
34	48,3	62,7	72,1	40	40	40	40	8,68	<b>0,92</b>

#### 2.5.1.2. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 1.2

L1	L2	L3	P1	P2	P3	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
91,4	105,4	119,7	40	40	40	12,66	<b>1,34</b>

#### 2.5.1.3. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 1.3

L1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
29	91,18	2,65	<b>0,28</b>

#### 2.5.1.4. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 1.4

L1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
39,9	91,18	3,64	<b>0,38</b>

#### 2.5.1.5. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 1.5

L 1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
62,7	91,18	5,71	<b>0,60</b>



## 2.5.1.6. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 1.6

L 1	P1	M (kW*Km)	Caida de tensión (%)
75	91,18	6,83	<b>0,72</b>

## 2.5.1.7. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 1.7

L 1	P1	M (kW*Km)	Caida de tensión (%)
91,4	91,18	8,33	<b>0,88</b>

## 2.5.1.8. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 1.8

L1	P1	M (kW*Km)	Caida de tensión (%)
152,6	116,40	17,76	<b>1,87</b>

## 2.5.1.9. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 1.9

L1	P1	M (kW*Km)	Caida de tensión (%)
170,5	115,80	19,74	<b>2,08</b>

## 2.5.1.10. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 1.10

L 1	P1	M (kW*Km)	Caida de tensión (%)
191,1	115,80	22,13	<b>2,33</b>

## 2.5.2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN N°2 (630 + 630 KVA)

Características de la red:

Tensión: 400/230 V

Factor de potencia: 0,9

Centro de Transformación n°2			
Línea	Naves	Potencia aparente (VA)	Intensidad (A)
2.1	4f	129.329,17	186,67
2.2	4h	128.598,61	185,62

2.3	4j	128.622,22	185,65
2.4	4l	95.830,56	138,32
2.5	4m	104.461,11	150,78
2.6	4n	104.370,83	150,65
2.7	4o	121.491,67	175,36
2.8	5h,5j	122.719,44	177,13
2.9	5l,5n,5o	135.331,94	195,33

En la siguiente tabla se muestra la intensidad admisible de cada una de las 9 líneas que salen del CT2 y su saturación según la intensidad indicada que circulara en régimen permanente.

Línea	Int. Admisible (A)	Intensidad (A)	Saturación (%)
2.1	309,6	186,67	60,3
2.2	309,6	185,62	60,0
2.3	309,6	185,65	60,0
2.4	309,6	138,32	44,7
2.5	301	150,78	50,1
2.6	301	150,65	50,0
2.7	301	175,36	58,3
2.8	301	177,13	58,8
2.9	301	195,33	64,9

Se aplica un factor de corrección por agrupación de ternas de cables unipolares de 0,72 (líneas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4) y 0,7 (líneas 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9).

Donde:

- 0,72: d = 0,15 m; 4 conductores.
- 0,70; d = 0,20 m; 5 conductores.

A continuación se exponen los cálculos del momento eléctrico de cada una de las líneas con el fin del cálculo de la caída de tensión (%), que deberá ser inferior al 5%.

Las longitudes indicadas están en metros, las potencias en kW y el momento eléctrico en kW\*Km.

#### 2.5.2.1. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2.1

L1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
57	116,40	6,64	<b>0,70</b>

2.5.2.2. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2.2

L1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
38,9	115,74	4,50	<b>0,47</b>

2.5.2.3. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2.3

L1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
18,2	115,76	2,11	<b>0,22</b>

2.5.2.4. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2.4

L1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
7,4	86,25	0,63	<b>0,07</b>

2.5.2.5. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2.5

L1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
44,8	94,02	4,21	<b>0,44</b>

2.5.2.6. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2.6

L1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
66,6	93,93	6,26	<b>0,66</b>

2.5.2.7. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2.7

L1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
91	109,34	9,95	<b>1,05</b>

## 2.5.2.8. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2.8

L1	L 2	P1	P2	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
46,2	47,3	53,26	57,19	5,16	<b>0,54</b>

## 2.5.2.9. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 2.9

L 1	L 2	L 3	P1	P2	P3	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
59,9	75,6	84	49,32	34,82	37,66	8,75	<b>0,92</b>

## 2.5.3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN N° 3 (630 + 630 KVA)

Características de la red:

Tensión: 400/230 V

Factor de potencia: 0,9

Centro de Transformación nº3			
Línea	Naves	Potencia aparente (VA)	Intensidad (A)
3.1	2a,2b,2c,2d	166.666,67	240,56
3.2	2e,2f	125.000,00	180,42
3.3	3a,3b	129.972,22	187,60
3.4	3c,3d	133.341,67	192,46
3.5	3e,3f	119.533,33	172,53
3.6	3j	112.445,83	162,30
3.7	3k	113.927,78	164,44
3.8	3l	75.001,39	108,26
3.9	3g,3h,3i	139.779,17	201,75
3.10	3m,3n	148.758,33	214,71

En la siguiente tabla se muestra la intensidad admisible de cada una de las 9 líneas que salen del CT2 y su saturación según la intensidad indicada que circulara en régimen permanente.

Línea	Int. Admisible (A)	Intensidad (A)	Saturación (%)
3.1	374,1	240,56	64,30
3.2	374,1	180,42	48,23
3.3	309,6	187,60	60,59

3.4	309,6	192,46	62,16
3.5	309,6	172,53	55,73
3.6	309,6	162,30	52,42
3.7	309,6	164,44	53,11
3.8	309,6	108,26	34,97
3.9	309,6	201,75	65,17
3.10	309,6	214,71	69,35

Se aplica un factor de corrección por agrupación de ternas de cables unipolares de 0,87 (líneas 3.1, 3.2) y 0,72 (líneas 3.3, 3.4 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10).

Donde:

- 0,87: d = 0,15 m; 2 conductores.
- 0,72: d = 0,15 m; 4 conductores (se harían dos zanjas independientes).

A continuación se exponen los cálculos del momento eléctrico de cada una de las líneas con el fin del cálculo de la caída de tensión (%), que deberá ser inferior al 5%.

Las longitudes indicadas están en metros, las potencias en kW y el momento eléctrico en kW\*Km.

#### 2.5.3.1. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 3.1

L 1	L 2	L 3	L4	P1	P2	P3	P4	M(kW*Km)	Caída de tensión (%)
83,2	70	54,4	40,6	37,5	37,5	37,5	37,5	9,16	<b>0,97</b>

#### 2.5.3.2. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 3.2

L 1	L 2	P1	P2	M(kW*Km)	Caída de tensión (%)
24,2	20	37,5	75	2,08	<b>0,22</b>

#### 2.5.3.3. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 3.3

L 1	L 2	P1	P2	M(kW*Km)	Caída de tensión (%)
44,1	70	49,81	67,165	6,87	<b>0,73</b>

2.5.3.4. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 3.4

L1	L 2	P1	P2	M(kW*Km)	Caída de tensión (%)
0,084	0,10	61,56	58,45	11,02	<b>1,16</b>

2.5.3.5. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 3.5

L 1	L2	P1	P2	M(kW*Km)	Caída de tensión (%)
109,9	130	55,33	52,25	12,72	<b>1,34</b>

2.5.3.6. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 3.6

L 1	P1	M(kW*Km)	Caída de tensión (%)
175	101,2	17,71	<b>1,87</b>

2.5.3.7. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 3.7

L1	P1	M(kW*Km)	Caída de tensión (%)
0,1904	102,54	19,52	<b>2,06</b>

2.5.3.8. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 3.8

L 1	P1	M(kW*Km)	Caída de tensión (%)
200	67,5	13,5	<b>1,42</b>

2.5.3.9. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 3.9

L1	L2	L3	P1	P2	P3	M(kW*Km)	Caída de tensión (%)
29,6	60	78,2	39,16	41,62	45,018	7,30	<b>0,77</b>

2.5.3.10. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 3.10

L 1	L 2	P1	P2	M(kW*Km)	Caída de tensión (%)
127,6	150	67,56	66,33	18,59	<b>1,96</b>

## 2.5.4. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN N°4 (630 + 630 KVA)

Características de la red:

Tensión: 400/230 V

Factor de potencia: 0,9

Centro de Transformación n°4			
Línea	Naves	Potencia aparente (VA)	Intensidad (A)
4.1	5a,5b,5c,5d	156.400,00	225,74
4.2	5e,5f,5g	115.562,50	166,80
4.3	5i,5k	182.180,56	262,95
4.4	5m,5r	202.904,17	292,87
4.5	5q	143.097,22	206,54
4.6	5p	179.402,78	258,95
4.7	6a,6b	135.620,83	195,75
4.8	6c,6d	166.666,67	240,56

En la siguiente tabla se muestra la intensidad admisible de cada una de las 9 líneas que salen del CT2 y su saturación según la intensidad indicada que circulara en régimen permanente.

Línea	Int. Admisible (A)	Intensidad (A)	Saturación (%)
4.1	331,1	225,74	68,2
4.2	331,1	166,80	50,4
4.3	331,1	262,95	79,4
4.4	331,1	292,87	88,5
4.5	331,1	206,54	62,4
4.6	331,1	258,95	78,2
4.7	374,1	195,75	52,3
4.8	374,1	240,56	64,3

Se aplica un factor de corrección por agrupación de ternas de cables unipolares de 0,77 (líneas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6) y 0,87 (líneas 4.7, 4.8).

Donde:

- 0,77: d = 0,15 m; 3 conductores (se harían dos zanjas independientes).
- 0,87: d = 0,15 m; 2 conductores.

A continuación se exponen los cálculos del momento eléctrico de cada una de las líneas con el fin del cálculo de la caída de tensión (%), que deberá ser inferior al 5%.

Las longitudes indicadas están en metros, las potencias en kW y el momento eléctrico en kW\*Km.

2.5.4.1. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 4.1

L 1	L2	L3	L4	P1	P2	P3	P4	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
136	126,8	115	104	35,19	35,19	35,19	35,19	17,00	<b>1,79</b>

2.5.4.2. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 4.2

L 1	L 2	L3	P1	P2	P3	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
88,9	77,2	33,7	35,19	35,19	33,63	6,98	<b>0,74</b>

2.5.4.3. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 4.3

L1	L2	P1	P2	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
20,2	9,2	81,98	81,98	2,41	<b>0,25</b>

2.5.4.4. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 4.4

L 1	L2	P1	P2	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
4,4	13,5	81,98	100,6	1,72	<b>0,18</b>

2.5.4.5. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 4.5

L1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
76,3	128,7875	9,82	<b>1,04</b>

2.5.4.6. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 4.6

L 1	P1	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
96,3	161,4625	15,55	<b>1,64</b>

2.5.4.7. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 4.7

L 1	L 2	P1	P2	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
67,1	55,9	56,56	65,5	7,45	<b>0,79</b>



## 2.5.4.8. LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN 4.8

L 1	L 2	P1	P2	M (kW*Km)	Caída de tensión (%)
43,4	55	66,25	83,75	7,48	0,79

## 2.6. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

## 2.6.1. DEFINICIONES

- Intensidad permanente de c.c. en inicio de línea

$$IpccI = \frac{U}{\sqrt{3} * Zti}$$

- Intensidad permanente de c.c. en fin de línea

$$IpccF = \frac{U}{\sqrt{3} * Ztf}$$

Donde:

IpccI: Intensidad permanente de c.c. al comienzo de línea [A].

IpccF: Intensidad permanente de c.c. al final de línea [A].

U: Tensión [V].

Zti: Impedancia al inicio de línea [ $\Omega$ ].

Ztf: Impedancia al final de línea [ $\Omega$ ].

## 2.6.2. CÁLCULOS

Se considera la impedancia al inicio de línea igual a la impedancia del transformador, por tanto:

$$Zti = Ztr = \frac{u_{cc} * V_{2L}^2}{Sn} = \frac{0,04 * 420^2}{630.000} = 11,2 \text{ m}\Omega$$

Para el cálculo de la impedancia del conductor se emplea la siguiente expresión basada en los datos de la tabla de la NTP-BT de Endesa para conductor de aluminio de 240 mm<sup>2</sup> de sección.

Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a 25 °C (Ω/km)	Reactancia a 25 °C (Ω/km)
50 Al	0,64	0,09
95 Al	0,32	0,08
150 Al	0,21	0,08
240 Al	0,13	0,08

Figura 20: Resistencia y reactancia de los conductores

$$Z_{\text{linea}} = \sqrt{(0,13 * L)^2 + (0,08 * L)^2}$$

Donde:

L: Longitud del conductor [Km].

La impedancia del conductor de cobre que conecta el Centro de transformación nº 2 con el cuadro de alumbrado se calcula según la siguiente expresión de la GUÍA-BT-Anexo 2.

$$Z_{\text{linea}} \cong R \text{ (ya que } S < 120 \text{ mm}^2, \text{ por lo que } X = 0)$$

$$R = \frac{\rho * L}{S}$$

Donde:

ρ: Resistividad del conductor ( 0,018 Ω \*mm<sup>2</sup>/m).

L: Longitud del conductor [m].

S: Sección del conductor [mm<sup>2</sup>].

Según lo anteriormente indicado obtenemos las siguientes intensidades de cortocircuito en cada una de las líneas que salen de cada centro de transformación.

#### 2.6.2.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Nº1

Línea	Long (m)	Ztf (Ω)	IccI (kA)	IccF (kA)
1.1	217	0,044	20,62	5,21
1.2	316	0,059	20,62	3,88
1.3	29	0,016	20,62	14,77
1.4	40	0,017	20,62	13,36
1.5	63	0,021	20,62	11,12
1.6	75	0,023	20,62	10,20
1.7	91	0,025	20,62	9,18
1.8	153	0,034	20,62	6,70

<b>1.9</b>	170	0,037	20,62	6,21
<b>1.10</b>	191	0,040	20,62	5,72

## 2.6.2.2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN N° 2

<b>Línea</b>	<b>Long (m)</b>	<b>Ztf (<math>\Omega</math>)</b>	<b>IccI (kA)</b>	<b>IccF (kA)</b>
<b>2.1</b>	57	0,020	20,62	11,60
<b>2.2</b>	39	0,017	20,62	13,48
<b>2.3</b>	18	0,014	20,62	16,52
<b>2.4</b>	7	0,012	20,62	18,74
<b>2.5</b>	45	0,018	20,62	12,80
<b>2.6</b>	67	0,021	20,62	10,81
<b>2.7</b>	91	0,025	20,62	9,20
<b>2.8</b>	93	0,025	20,62	9,07
<b>2.9</b>	219	0,045	20,62	5,17
<b>CT2-CA</b>	5	0,014	20,62	16,86

## 2.6.2.3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN N° 3

<b>Línea</b>	<b>Long (m)</b>	<b>Ztf (<math>\Omega</math>)</b>	<b>IccI (kA)</b>	<b>IccF (kA)</b>
<b>3.1</b>	244	0,048	20,62	4,76
<b>3.2</b>	40	0,017	20,62	13,37
<b>3.3</b>	114	0,029	20,62	8,09
<b>3.4</b>	184	0,039	20,62	5,88
<b>3.5</b>	100	0,026	20,62	8,72
<b>3.6</b>	175	0,038	20,62	6,09
<b>3.7</b>	190	0,040	20,62	5,74
<b>3.8</b>	200	0,042	20,62	5,53
<b>3.9</b>	93	0,025	20,62	9,12
<b>3.10</b>	277,9	0,054	20,62	4,31

## 2.6.2.4. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN N° 4

<b>Línea</b>	<b>Long (m)</b>	<b>Ztf (<math>\Omega</math>)</b>	<b>IccI (kA)</b>	<b>IccF (kA)</b>
<b>4.1</b>	483	0,085	20,62	2,72
<b>4.2</b>	200	0,042	20,62	5,54
<b>4.3</b>	29	0,016	20,62	14,73
<b>4.4</b>	18	0,014	20,62	16,57
<b>4.5</b>	76	0,023	20,62	10,11
<b>4.6</b>	96	0,026	20,62	8,92
<b>4.7</b>	123	0,030	20,62	7,71
<b>4.8</b>	98	0,026	20,62	8,81

### 3. CÁLCULOS RED DE MEDIA TENSIÓN

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La red de MT está formada por tres conductores RHZ-1 12/20 kV de 240 mm<sup>2</sup>, está dispuesta de forma subterránea y a una tensión de 15 kV.

Forma un anillo entre el Centro de Transformación AT/MT de origen y cada uno de los cuatro Centros de Transformación de la casa ORMAZABAL MT/BT.

Se siguen los siguientes criterios para su diseño indicados en la memoria:

- La tendencia será la de red mallada.
- En polígonos industriales la red deberá ser subterránea.
- El valor límite de la caída de tensión se establece en el 7 % con las condiciones de máxima carga y/o situación de emergencia.
- En caso de avería de una línea la red será capaz de socorrer la línea averiada sin superar el 100% de saturación máxima.
- La alimentación de los centros de transformación se diseñara con estructura en bucle con entrada y salida, con la finalidad de que cualquiera de los centros pueda recibir alimentación alternativa.
- Los cables serán de sección 3x1x400 mm<sup>2</sup> o 3x1x240 mm<sup>2</sup> de aluminio.

#### 3.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

Siguiendo las recomendaciones de la empresa suministradora escogeremos un cable unipolar de aluminio de sección 240 mm<sup>2</sup>, con tensión nominal 12/20 kV y capaz de soportar una intensidad en régimen permanente de 345 A según la siguiente tabla, correspondiente a la tabla 6 de la ITC-LAT-06.

Sección (mm <sup>2</sup> )	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	125	96	130	100	135	105
35	145	115	155	120	160	125
50	175	135	180	140	190	145
70	215	165	225	170	235	180
95	255	200	265	205	280	215
120	290	225	300	235	320	245
150	325	255	340	260	360	275
185	370	285	380	295	405	315
240	425	335	440	345	470	365
300	480	375	490	390	530	410
400	540	430	560	445	600	470

Figura 21: Intensidad máxima admisible (A) para conductor directamente enterrado.

Aplicando un factor de corrección de 0,82 por agrupación de dos cables unipolares y una distancia entre ellos de 0,2 metros, se obtiene que la intensidad máxima del conductor es de **282,9 A**. En la siguiente tabla se muestran los factores de corrección a aplicar.

		Factor de corrección								
Tipo de instalación	Separación de los ternos	Número de ternos de la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d=0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	-
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	-	-	-

Figura 22: Factor de corrección por distancia entre ternos.

Una vez seleccionado el conductor se deben realizar las siguientes comprobaciones:

- Intensidad máxima admisible
- Densidad máxima de cortocircuito
- Caída de tensión

### 3.3. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD Y POTENCIA MÁXIMA ADMISIBLE

Atendiendo a lo anteriormente expuesto, la intensidad máxima para el conductor de 240 mm<sup>2</sup> de diámetro seleccionado es de 282,9 A.

De tal forma que la potencia máxima de transporte viene definida por:

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} * V * I_{m\acute{a}x} * fdp$$

$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} * 15kV * 282,9 * 0,9 = \mathbf{6.614,96 kW}$$

La potencia máxima que va a tener que soportar la línea es de **4.350,56 kW**. Siendo esta cantidad inferior a la potencia máxima permitida por el conductor, P<sub>máx</sub>.

La potencia aparente máxima que va a tener que soportar la línea es de **4.833,96 kVA**.

Lo que implica una intensidad máxima:

$$I_{max} = \frac{S}{\sqrt{3} * U} = \frac{4.833,96}{\sqrt{3} * 15} = \mathbf{186 A}$$

Donde:

S: Potencia aparente en kVA  
 U: tensión de la red MT en kV  
 I<sub>max</sub>: Intensidad en A

La intensidad máxima que circulara por el cable será de 186 A, muy inferior de a los 282,9 A que es capaz de soportar el conductor seleccionado. Por lo tanto la sección de conductor seleccionada de 240 mm<sup>2</sup> sería adecuada.

### 3.4. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

La intensidad de cortocircuito viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_p}$$

Donde:

S<sub>cc</sub>: potencia de cortocircuito en MVA  
 U<sub>p</sub>: tensión de servicio en kV  
 I<sub>ccp</sub>: intensidad de cortocircuito en kA

Se emplea una potencia de cortocircuito de 519,6 MVA, dato suministrado por la compañía suministradora y una tensión de servicio de 15 kV.

- I<sub>cc</sub>= **20 kA**

El siguiente paso será calcular la sección mínima necesaria para soportar esta intensidad de cortocircuito.

La relación entre la intensidad de cortocircuito y la sección del cable viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{cc} \times \sqrt{t} = K \times S$$

Donde:

I<sub>cc</sub>: Intensidad de cortocircuito en A  
 t: tiempo que dura el cortocircuito en s  
 K: diferencia de temperatura entre la de servicio y la de cortocircuito.  
 S: sección del conductor en mm<sup>2</sup>

La siguiente tabla de la ITC-LAT-06 muestra las densidades máximas de cortocircuito en A/mm<sup>2</sup> para conductores de aluminio en función del aislamiento.

Tipo de aislamiento	$\Delta\theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, $t_{cc}$ , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
PVC:											
sección $\leq 300 \text{ mm}^2$	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección $> 300 \text{ mm}^2$	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	39
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR $U_0/U \leq 18/30 \text{ kV}$	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

\*  $\Delta\theta$  es la diferencia entre la temperatura de servicio permanente y la temperatura de cortocircuito.

Figura 23: Densidad máx. adm. de corriente cortocircuito ( $\text{A/mm}^2$ ), para conductores de Al.

Según la tabla, para un conductor con aislamiento tipo XLPE y duración del cortocircuito de 0,5 segundos la densidad máxima de corriente de cortocircuito es de  $133 \text{ A/mm}^2$ , lo que para un conductor de  $240 \text{ mm}^2$  supone una intensidad máxima de cortocircuito de 31,92 kA. Cumpliéndose:

$$20 \text{ kA} < 31,92 \text{ kA}$$

La sección de conductor mínima resultaría de la siguiente expresión.

$$20.000 \times \sqrt{0,5} = 160 \times S$$

Donde:

S: Sección del conductor en  $\text{mm}^2$

Siendo por tanto la sección mínima necesaria para cumplir las exigencias en cuanto a densidad máxima de cortocircuito de **88,39  $\text{mm}^2$** . Por lo tanto la sección de  $240 \text{ mm}^2$  sería válida.

### 3.5. CÁLCULO CAÍDA DE TENSIÓN

Atendiendo a los criterios de diseño de la red de MT la caída máxima de tensión que se puede producir en esta es del 7% tanto en situación de máxima carga como en situación de emergencia.

La caída de tensión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U_{III} = \frac{R \times S}{15 \text{ kV}}$$

Donde:

R: Resistencia del conductor en  $\Omega/\text{Km}$

S: Potencia aparente que circula por el conductor en kVA

Se determina R como:

$$R = 0,029 \frac{L}{240}$$

Para verificar que se cumplen las condiciones de diseño, se verifica que se cumplen para las situaciones más desfavorables, es decir, en situación de emergencia estando la línea que une el CT AT/MT con el CT 4 o con el CT 3 no operativas.

Se indican a continuación los resultados para ambos casos.

- Línea que une Subestación con CT3 cortada

Tramo	Longitud(Km)	S (kVA)	Caída de tensión por tramo (V)
<b>Inicio- CT4</b>	0,281	4833,96	10,94
<b>CT4-CT2</b>	0,19	3552,12	5,44
<b>CT2-CT1</b>	0,11	2468,77	2,19
<b>CT1-CT3</b>	0,24	1264,43	2,44

<b>TOTAL (V)</b>	21,01
<b>TOTAL (%)</b>	0,14

Como podemos ver la caída de tensión porcentual es de 0,14 %, muy inferior del 7%. Cumpliéndose por tanto las exigencias indicadas para el conductor seleccionado de aluminio y sección de 240 mm<sup>2</sup>.

- Línea que une Subestación con CT4 cortada

Tramo	Longitud(Km)	S (kVA)	Caída de tensión por tramo (V)
<b>Inicio - CT3</b>	0,29	4833,96	11,29
<b>CT3-CT1</b>	0,24	3569,53	6,95
<b>CT1-CT2</b>	0,11	2365,19	2,02
<b>CT2-CT4</b>	0,19	1281,83	1,95

<b>TOTAL (V)</b>	22,21
<b>TOTAL (%)</b>	0,15

Como podemos ver la caída de tensión porcentual es de 0,15 %, muy inferior del 7%. Cumpliéndose por tanto las exigencias indicadas para el conductor seleccionado de aluminio y sección de 240 mm<sup>2</sup>.



## 4. CÁLCULOS DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

### 4.1. DIMENSIONADO DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Atendiendo a la previsión de potencias obtenida en el capítulo 1 y 2 se dimensionan las potencias de los distintos Centros de Transformación siguiendo los criterios indicados en el capítulo 2.3 de la Norma Técnica particular para instalaciones en Baja Tensión de Endesa.

Para el cálculo de la potencia de dimensionamiento de cada Centro de Transformación se define el Coeficiente BT/CT. Para polígonos industriales su valor:

- Será 1 si el número de naves que alimenta el Centro de Transformación es menor a 10.
- Será 0,78 si el número de naves que alimenta el Centro de Transformación es mayor o igual a 10.

Siguiendo lo anteriormente expuesto se obtienen las siguientes potencias de dimensionamiento para cada Centro de Transformación.

Centro de Transformación	S (kVA)	S dim (kVA)
CT 1	1.204,34	<b>939,39</b>
CT 2	1.083,36	<b>845,02</b>
CT 3	1.264,43	<b>986,25</b>
CT 4	1.281,83	<b>999,83</b>

La potencia aparente a instalar del CT1 será **1.260 kVA** (630 + 630 kVA).

La potencia aparente a instalar del CT2 será **1.260 kVA** (630 + 630 kVA).

La potencia aparente a instalar del CT3 será **1260 kVA** (630 + 630 kVA).

La potencia aparente a instalar del CT4 será **1260 kVA** (630 + 630 kVA).

Se muestra en la siguiente tabla la distribución de potencias por transformador, atendiendo a lo indicado en el Plano nº 2.03 en cuanto al transformador al que se conecta cada línea.

CT	Transformador	Carga (kVA)	Carga pred. (kVA)	Carga (%)
1	TR1: 630 kVA	615,06	479,74	76,15
	TR2: 630 kVA	589,28	459,64	72,96
2	TR1: 630 kVA	586,84	457,74	72,66
	TR2: 630 kVA	496,51	387,28	61,47
3	TR1: 630 kVA	674,51	526,12	83,51

	TR2: 630 kVA	589,91	460,13	73,04
4	TR1: 630 kVA	657,05	512,50	81,35
	TR2: 630 kVA	624,79	487,33	77,35

#### 4.2. INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dado por:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_p}$$

Donde:

P: Potencia del transformador en kVA.  
 Up: Tensión primaria en kV.  
 Ip: intensidad primaria en A.

Siendo la potencia del transformador 630 kVA y la tensión primaria de alimentación 15 kV, se obtiene:

Para cada transformador:

- $I_p = 24,25 \text{ A}$

Por tanto la intensidad total de MT es de:

- $I_{\text{tot}} = 48,50 \text{ A}$

#### 4.3. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_s}$$

Donde:

P: Potencia del transformador en kVA.  
 Us: Tensión en el secundario en kV.  
 Is: Intensidad en el secundario en A.

Siendo la potencia de cada transformador 630 kVA y la tensión secundaria de 420 V en vacío.

Para cada transformador:

- $I_s = 866 \text{ A}$

#### 4.4. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

##### 4.4.1. LADO DE MEDIA TENSIÓN

La intensidad de cortocircuito en el primario del transformador viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_p}$$

Donde:

$S_{cc}$ : potencia de cortocircuito en MVA

$U_p$ : tensión de servicio en kV

$I_{ccp}$ : intensidad de cortocircuito en el primario kA

Se emplea una potencia de cortocircuito de 519,6 MVA, dato suministrado por la compañía suministradora y una tensión de servicio de 15 kV.

- $I_{ccp} = 20 \text{ kA}$

##### 4.4.2. LADO DE BAJA TENSIÓN

La corriente de cortocircuito en el secundario viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \times P}{\sqrt{3} \times E_{cc} \times U_s}$$

Donde:

$P$ : potencia del transformador en kVA

$E_{cc}$ : tensión de cortocircuito del transformador en %

$U_s$ : tensión en el secundario en V

$I_{ccs}$ : corriente de cortocircuito en kA

Para cada transformador de potencia 630 kVA, con tensión de cortocircuito del 4% y tensión secundaria de 420 V en vacío:

- $I_{ccs} = 21,7 \text{ kA}$

#### 4.5. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

##### 4.5.1. COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A.

##### 4.5.2. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada anteriormente.

- $I_{cc}(din) = 2,5 \times 20 = 50 \text{ kA}$

##### 4.5.3. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparatura por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor.

En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

- $I_{cc}(ter) = 20 \text{ kA}$

#### 4.6. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

La **protección en MT** de cada transformador se realiza mediante una celda de interruptor con fusibles, siendo estos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 50 A.

La celda de protección del transformador no incorpora relé, al considerarse suficiente el empleo de las otras protecciones.

En cuanto a las **protecciones en BT**, las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado anteriormente.

#### **4.7. DIMENSIONADO DE LOS PUENTES DE MT**

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

Para ambos transformadores se tiene:

La intensidad nominal demandada por el transformador es igual a 24,2 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

El valor máximo admisible es de 235 A para un cable de sección de 95 mm<sup>2</sup> de Al según el fabricante.

#### **4.8. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CT**

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA.
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA.

#### **4.9. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS**

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

#### **4.10. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA**

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, el cálculo del sistema de puesta a tierra de una instalación de distribución de energía eléctrica es de gran importancia.

##### **4.10.1. INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO**

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría (tensión nominal inferior a 30kV e igual o superior a 1kV), y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalaran los Centros de Transformación, se determina la resistividad media en  $150 \Omega \cdot m$ .

##### **4.10.2. DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y DEL TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE A LA ELIMINACIÓN DEL DEFECTO.**

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una

limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.

- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

$$I_{d \max \text{ cal.}} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot w \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)$$

Donde:

$U_n$	Tensión de servicio [kV]
$L_a$	Longitud de las líneas aéreas [km]
$L_c$	Longitud de las líneas subterráneas [km]
$C_a$	Capacidad de las líneas aéreas [0,006 mF/km]
$C_c$	Capacidad de líneas subterráneas [0.250 mF/km]
$I_{d \max \text{ cal.}}$	Intensidad máxima calculada [A]
$w$	Pulsación de la corriente ( $2\pi f$ )

La  $I_{d \max}$  en este caso será:

$$I_{d \max \text{ cal.}} = 2,04 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d \max} = 5 \text{ A}$$

#### 4.10.3. DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

#### 4.10.4. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRA

Características de la red de alimentación:

Tensión de servicio:  $U_r = 15 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

Longitud de líneas aéreas  $L_a = 0 \text{ km}$   
 Longitud de líneas subterráneas  $L_c = 1 \text{ km}$   
 Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 5 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

$V_{bt} = 8000 \text{ V}$

Características del terreno:

Resistencia de tierra  $R_o = 150 \Omega \cdot \text{m}$   
 Resistencia del hormigón  $R'o = 3000 \Omega$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$

Donde:

$I_d$  intensidad de falta a tierra [A]  
 $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [ $\Omega$ ]  
 $V_{bt}$  tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot (w \cdot C_a \cdot L_a + w \cdot C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + (w \cdot C_a \cdot L_a + w \cdot C_c \cdot L_c)^2 \cdot (3 \cdot R_t)^2}}$$

Donde:

$U_n$  tensión de servicio [V]  
 $w$  pulsación del sistema ( $w = 2 \cdot \pi \cdot f$ )  
 $C_a$  capacidad de las líneas aéreas (0.006 mF/km)  
 $L_a$  longitud de las líneas aéreas [km]  
 $C_c$  capacidad de las líneas subterráneas (0.250 mF/km)  
 $L_c$  longitud de las líneas subterráneas [km]  
 $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [ $\Omega$ ]  
 $I_d$  intensidad de falta a tierra [A]



Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

- $I_d = 0,78 \text{ A}$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

- $R_t = 10237,23 \Omega$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una  $K_r$  más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o}$$

Donde:

$R_t$	resistencia total de puesta a tierra [ $\Omega$ ]
$R_o$	resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]
$K_r$	coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

- $K_r \leq 68,2482$

La **configuración adecuada** para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 70/25/5/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 7.0x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia  $K_r = 0,084$
- De la tensión de paso  $K_p = 0,0186$
- De la tensión de contacto  $K_c = 0,0409$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o$$

Donde:

$K_r$	coeficiente del electrodo
$R_o$	resistividad del terreno en $[\Omega \cdot m]$
$R'_t$	resistencia total de puesta a tierra $[\Omega]$

Por lo que para el Centro de Transformación:

- $R'_t = 12,6 \Omega$

y la intensidad de defecto real:

- $I'_d = 2,04 A$

#### 4.10.5. CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d$$

Donde:

$R'_t$	resistencia total de puesta a tierra [ $\Omega$ ]
$I'_d$	intensidad de defecto [A]
$V'_d$	tensión de defecto [V]

Por lo que en el Centro de Transformación:

- $V'd = 25,71 \text{ V}$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d$$

Donde:

$K_c$	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]
$I'_d$	intensidad de defecto [A]
$V'_c$	tensión de paso en el acceso [V]

por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

- $V'c = 12,52 \text{ V}$

#### 4.10.6. CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

Donde:

$K_p$	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]
$I'_d$	intensidad de defecto [A]
$V'_p$	tensión de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso:

- $V_p = 5,69 \text{ V}$  en el Centro de Transformación

#### 4.10.7. CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS

- Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

- $t = 0,7 \text{ seg}$
- $K = 72$
- $n = 1$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000} \right)$$

Donde:

K	coeficiente
t	tiempo total de duración de la falta [s]
n	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en $[\Omega \cdot m]$
$V_p$	tensión admisible de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso

- $V_p = 1954,29 \text{ V}$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right)$$

Donde:

K	coeficiente
t	tiempo total de duración de la falta [s]
n	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en $[\Omega \cdot m]$
$R'_o$	resistividad del hormigón en $[\Omega \cdot m]$
$V_{p(acc)}$	tensión admisible de paso en el acceso [V]

Por lo que, para este caso

- $V_{p(acc)} = 10.748,57 \text{ V}$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$V'_p = 5,69 \text{ V} < V_p = 1954,29 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V'_p(\text{acc}) = 12,52 \text{ V} < V_p(\text{acc}) = 10.748,57 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V'_d = 25,71 \text{ V} < V_{bt} = 8.000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$I_d = 2,04 \text{ A} < I_{dm} = 5 \text{ A}$$

#### 4.10.8. INVESTIGACIÓN DE LAS TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

Aunque no es preciso mantener la separación entre ambos sistemas de tierra, según se deduce de los cálculos, se desea mantener voluntariamente esta separación.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

Donde:

$R_o$	resistividad del terreno en [ $\Omega \cdot m$ ]
$I'_d$	intensidad de defecto [A]
$D$	distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

- $D = 0,05 \text{ m}$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las **características del sistema de tierras de servicio** son las siguientes:

- Identificación: 5/22 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: dos
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,201$
- $K_c = 0,0392$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37  $\Omega$ .

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 150 = 30,15 < 37 \Omega$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

#### 4.10.9. CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de " $K_r$ " inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

## 5. CÁLCULOS ALUMBRADO

### 5.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Para el cálculo de las secciones de los conductores se siguen las indicaciones de la ITC-BT-09 y la ITC-BT-07.

- Conductor tetrapolar de cobre y de tensión nominal 0,6/1 kV.
- Aislamiento del cable: XLPE
- Instalación enterrada bajo tubo

#### 5.1.1. DEFINICIONES

##### - Potencia aparente

Viene dada en VA y se calcula según la siguiente expresión indicada en ITC-BT-09.

$$S = 1,8 \times n^{\circ} \text{ luminarias} \times 70 \text{ W}$$

##### - Intensidad máxima

Se calcula según la siguiente expresión de la ITC-BT-07.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * fdp}$$

Donde:

I: Intensidad que circula por el conductor en A.

P: Potencia en W

U: Tensión en V

Fdp: Factor de potencia de la lámpara (Según ITC-BT-09, fdp=0,9).

##### - Caída de tensión

La caída de tensión en una línea trifásica se calcula según la siguiente expresión.

$$e = \frac{P * L}{\gamma_{cu} * S * U}$$

Donde:

P: Potencia que circula por el conductor en W.

L: Longitud del conductor en metros.

$\gamma_{cu}$ : Conductividad del cobre. Se toma 56 m/( $\Omega$ \*mm<sup>2</sup>)

S: Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

U: Tensión de la línea en V.

### 5.1.2. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES

Para el cálculo de los conductores se ha tomado como valor inicial de sección de los conductores tetrapolares de cobre 6mm<sup>2</sup>. Atendiendo a la tabla 5 de la ITC-BT-07 la intensidad máxima es de 66 A.



SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Figura 24: Intensidad máxima (A) conductores de cable en instalación enterrada.

Se exponen a continuación los resultados obtenidos verificándose que la caída de tensión no supera el 3% en ningún punto del circuito tal y como se indica en la ITC-BT-09 y que la intensidad que circula por los conductores es menor que la intensidad admisible.

### - CUADRO DE ALUMBRADO

Tramo inicial desde el Centro de Transformación 1 al cuadro de alumbrado

Se calcula la intensidad que circulara para verificar que el conductor tetrapolar de cobre y sección 6 mm<sup>2</sup> es adecuado. Siendo 100 el número de luminarias que se alimentan y 70 la potencia en W de cada una de ellas.

$$S = 1,8 \times 100 \times 70 = 12.600 \text{ VA}$$

$$I = \frac{12.600}{\sqrt{3} \times 400} = 18,19 \text{ A} < 66 \text{ A}$$



$$\text{Saturación} = \frac{18,19}{66} * 100 = 27,56 \%$$

### Línea 1

La línea 1, cable tetrapolar de cobre sección 6 mm<sup>2</sup> tiene su origen en el cuadro de alumbrado y alimenta un total de 38 luminarias.

Se verifica que la intensidad máxima que circula por el conductor es menor que la intensidad admisible.

$$S = 1,8 \times 38 \times 70 = 4.788 \text{ VA}$$

$$I = \frac{4.788}{\sqrt{3} \times 400} = 6,91 \text{ A} < 66 \text{ A}$$

$$\text{Saturación} = \frac{6,91}{66} * 100 = 10,5 \%$$

Se verifica a continuación que la caída de tensión es inferior al 3%.

Tramo	S acum (VA)	P acum (W)	Intensidad (A)	Long (m)	c.d.t.(V)	Tensión (V)	c.d.t. total(%)
CM-1	4788	4309,2	6,91	5	0,16	399,84	0,04
1-2	4662	4195,8	6,73	12	0,37	399,47	0,13
2-3	4536	4082,4	6,55	12	0,36	399,10	0,22
3-4	4410	3969	6,37	12	0,35	398,75	0,31
4-5	4284	3855,6	6,18	12	0,34	398,40	0,40
5-6	4158	3742,2	6,00	12	0,33	398,07	0,48
6-7	4032	3628,8	5,82	12	0,32	397,74	0,56
7-8	3906	3515,4	5,64	12	0,31	397,43	0,64
8-9	3780	3402	5,46	12	0,30	397,13	0,72
9-10	3654	3288,6	5,27	12	0,29	396,83	0,79
10-11	3528	3175,2	5,09	15	0,35	396,48	0,88
11-12	3402	3061,8	4,91	13	0,30	396,18	0,95
12-13	3276	2948,4	4,73	13	0,29	395,90	1,03
13-14	3150	2835	4,55	13	0,27	395,62	1,09
14-15	3024	2721,6	4,36	13	0,26	395,36	1,16
15-16	2898	2608,2	4,18	13	0,25	395,11	1,22
16-17	2772	2494,8	4,00	13	0,24	394,87	1,28
17-18	2646	2381,4	3,82	13	0,23	394,64	1,34
18-19	2520	2268	3,64	25	0,42	394,21	1,45
19-20	2394	2154,6	3,46	13	0,21	394,01	1,50
20-21	2268	2041,2	3,27	13	0,20	393,81	1,55
21-22	2142	1927,8	3,09	13	0,19	393,62	1,59
22-23	2016	1814,4	2,91	13	0,18	393,45	1,64
23-24	1890	1701	2,73	13	0,16	393,28	1,68

24-25	1764	1587,6	2,55	13	0,15	393,13	1,72
25-26	1638	1474,2	2,36	13	0,14	392,99	1,75
26-27	1512	1360,8	2,18	13	0,13	392,85	1,79
27-28	1386	1247,4	2,00	13	0,12	392,73	1,82
28-29	1260	1134	1,82	13	0,11	392,62	1,84
29-30	1134	1020,6	1,64	25	0,19	392,43	1,89
30-31	1008	907,2	1,45	13	0,09	392,35	1,91
31-32	882	793,8	1,27	13	0,08	392,27	1,93
32-33	756	680,4	1,09	13	0,07	392,20	1,95
33-34	630	567	0,91	13	0,05	392,15	1,96
34-35	504	453,6	0,73	13	0,04	392,10	1,97
35-36	378	340,2	0,55	13	0,03	392,07	1,98
36-37	252	226,8	0,36	13	0,02	392,05	1,99
37-38	126	113,4	0,18	13	0,01	392,04	1,99

La máxima saturación del conductor es del 10,5% y la caída de tensión es del 1,99% por lo que para el conductor de cobre de 6 mm<sup>2</sup> se cumplen los criterios de diseño.

### Línea 2

La línea 2, cable tetrapolar de cobre sección 6 mm<sup>2</sup> tiene su origen en el cuadro de alumbrado y alimenta un total de 19 luminarias.

Se verifica que la intensidad máxima que circula por el conductor es menor que la intensidad admisible.

$$S = 1,8 \times 19 \times 70 = 2.394 \text{ VA}$$

$$I = \frac{2.394}{\sqrt{3} \times 400} = 3,46 \text{ A} < 66 \text{ A}$$

$$\text{Saturación} = \frac{3,46}{66} * 100 = 5,24 \%$$

Se verifica a continuación que la caída de tensión es inferior al 3%.

Tramo	S acum (VA)	P acum (W)	Intensidad (A)	Long (m)	c.d.t.(V)	Tensión (V)	c.d.t. total(%)
CM-39	2394	2154,6	3,46	55	0,88	399,12	0,22
39-40	2268	2041,2	3,27	13	0,20	398,92	0,27
40-41	2142	1927,8	3,09	13	0,19	398,73	0,32
41-42	2016	1814,4	2,91	13	0,18	398,56	0,36
42-43	1890	1701	2,73	13	0,16	398,39	0,40
43-44	1764	1587,6	2,55	13	0,15	398,24	0,44
44-45	1638	1474,2	2,36	21	0,23	398,01	0,50

45-46	1512	1360,8	2,18	21	0,21	397,80	0,55
46-47	1386	1247,4	2,00	13	0,12	397,68	0,58
47-48	1260	1134	1,82	13	0,11	397,57	0,61
48-49	1134	1020,6	1,64	13	0,10	397,47	0,63
49-50	1008	907,2	1,45	13	0,09	397,38	0,65
50-51	882	793,8	1,27	13	0,08	397,30	0,67
51-52	756	680,4	1,09	13	0,07	397,24	0,69
52-53	630	567	0,91	13	0,05	397,18	0,70
53-54	504	453,6	0,73	13	0,04	397,14	0,72
54-55	378	340,2	0,55	13	0,03	397,11	0,72
55-56	252	226,8	0,36	13	0,02	397,08	0,73
56-57	126	113,4	0,18	13	0,01	397,07	0,73

La máxima saturación del conductor es del 5,24% y la caída de tensión es del 0,73% por lo que para el conductor de cobre de 6 mm<sup>2</sup> se cumplen los criterios de diseño.

### Línea 3

La línea 3, cable tetrapolar de cobre sección 6 mm<sup>2</sup> tiene su origen en el cuadro de alumbrado y alimenta un total de 30 luminarias.

Se verifica que la intensidad máxima que circula por el conductor es menor que la intensidad admisible.

$$S = 1,8 \times 30 \times 70 = 3.780 \text{ VA}$$

$$I = \frac{3.780}{\sqrt{3} \times 400} = 5,46 \text{ A} < 66 \text{ A}$$

$$\text{Saturación} = \frac{5,46}{66} * 100 = 8,27 \%$$

Se verifica a continuación que la caída de tensión es inferior al 3%.

Tramo	S acum (VA)	P acum (W)	Intensidad (A)	Long (m)	c.d.t.(V)	Tensión (V)	c.d.t. total(%)
CM-58	3780	3402	5,46	190	4,81	395,19	1,20
58-59	3654	3288,6	5,27	27	0,66	394,53	1,37
59-60	3528	3175,2	5,09	25	0,59	393,94	1,52
60-61	3402	3061,8	4,91	13	0,30	393,64	1,59
61-62	3276	2948,4	4,73	13	0,29	393,36	1,66
62-63	3150	2835	4,55	13	0,27	393,08	1,73
63-64	3024	2721,6	4,36	13	0,26	392,82	1,79

64-65	2898	2608,2	4,18	13	0,25	392,57	1,86
65-66	2772	2494,8	4,00	13	0,24	392,33	1,92
66-67	2646	2381,4	3,82	13	0,23	392,10	1,98
67-68	2520	2268	3,64	13	0,22	391,88	2,03
68-69	2394	2154,6	3,46	13	0,21	391,67	2,08
69-70	2268	2041,2	3,27	13	0,20	391,47	2,13
70-71	2142	1927,8	3,09	13	0,19	391,28	2,18
71-72	2016	1814,4	2,91	13	0,18	391,11	2,22
72-73	1890	1701	2,73	13	0,16	390,94	2,26
73-74	1764	1587,6	2,55	13	0,15	390,79	2,30
74-75	1638	1474,2	2,36	13	0,14	390,65	2,34
75-76	1512	1360,8	2,18	13	0,13	390,52	2,37
76-77	1386	1247,4	2,00	13	0,12	390,40	2,40
77-78	1260	1134	1,82	50	0,42	389,97	2,51
78-79	1134	1020,6	1,64	13	0,10	389,88	2,53
79-80	1008	907,2	1,45	13	0,09	389,79	2,55
80-81	882	793,8	1,27	13	0,08	389,71	2,57
81-82	756	680,4	1,09	13	0,07	389,65	2,59
82-83	630	567	0,91	13	0,05	389,59	2,60
83-84	504	453,6	0,73	13	0,04	389,55	2,61
84-85	378	340,2	0,55	13	0,03	389,51	2,62
85-86	252	226,8	0,36	13	0,02	389,49	2,63
86-87	126	113,4	0,18	20	0,02	389,48	2,63

La máxima saturación del conductor es del 8,27% y la caída de tensión es del 2,63% por lo que para el conductor de cobre de 6 mm<sup>2</sup> se cumplen los criterios de diseño.

#### Línea 4

La línea 4, cable tetrapolar de cobre sección 6 mm<sup>2</sup> tiene su origen en el cuadro de alumbrado y alimenta un total de 13 luminarias.

Se verifica que la intensidad máxima que circula por el conductor es menor que la intensidad admisible.

$$S = 1,8 \times 13 \times 70 = 1.638 \text{ VA}$$

$$I = \frac{1.638}{\sqrt{3} \times 400} = 2,36 \text{ A} < 66 \text{ A}$$

$$\text{Saturación} = \frac{2,36}{66} * 100 = 3,58 \%$$

Se verifica a continuación que la caída de tensión es inferior al 3%.

Tramo	S acum (VA)	P acum (W)	Intensidad (A)	Long (m)	c.d.t.(V)	Tensión (V)	c.d.t. total(%)
CM-88	1638	1474,2	2,36	190	2,08	397,92	0,52
88-89	1512	1360,8	2,18	27	0,27	397,64	0,59
89-90	1386	1247,4	2,00	27	0,25	397,39	0,65
90-91	1260	1134	1,82	27	0,23	397,16	0,71
91-92	1134	1020,6	1,64	27	0,21	396,96	0,76
92-93	1008	907,2	1,45	27	0,18	396,78	0,81
93-94	882	793,8	1,27	27	0,16	396,62	0,85
94-95	756	680,4	1,09	12	0,06	396,56	0,86
95-96	630	567	0,91	13	0,05	396,50	0,87
96-97	504	453,6	0,73	13	0,04	396,46	0,89
97-98	378	340,2	0,55	13	0,03	396,43	0,89
98-99	252	226,8	0,36	13	0,02	396,40	0,90
99-100	126	113,4	0,18	13	0,01	396,39	0,90

La máxima saturación del conductor es del 3,58% y la caída de tensión es del 0,90% por lo que para el conductor de cobre de 6 mm<sup>2</sup> se cumplen los criterios de diseño.

### 5.1.3. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA

El valor máximo que podrá tener la resistencia a tierra para que la tensión de defecto de cualquier masa metálica con tierra sea menor de 24 V según la ITC-BT-18:

$$R < \frac{24}{I_s}$$

Donde  $I_s$  es la sensibilidad de la protección utilizada, que en este caso será 0,3 A, por lo tanto:

$$R < \frac{24}{0,3} = 80 \text{ ohm}$$

Para la puesta a tierra se considera una pica de 2 metros de longitud y la resistividad del terreno se estima en 150  $\Omega \cdot m$  según lo indicado en la tabla 3 de la ITC-BT-18.

$$R = \frac{\rho}{L}$$

Donde:

R: Resistencia de Tierra [ $\Omega$ ].

P: Resistividad del terreno [ $\Omega \cdot m$ ].

L: Longitud de la pica [m].

$$R = \frac{150}{2} = 75 \, \Omega$$

El valor de la resistencia total de puesta a tierra, calculándose como la suma de resistencias de puesta a tierra en paralelo, es muy inferior a los 80  $\Omega$ . Por tanto se puede asegurar que no aparecerán tensiones mayores de 24 V.

$$R_{total} = \frac{1}{\frac{1}{75} + \frac{1}{75} + \dots + \frac{1}{75}} \cong 2 \, \Omega$$

Por lo tanto la máxima tensión aproximada que aparecerá será de:

$$V_{m\acute{a}x} = 0,3 * 2 = 0,6 \, V$$

## 5.2. CÁLCULOS LUMÍNICOS

Para el cálculo de la iluminación de los viales se seguirán los criterios expuestos en el Capítulo 6 de la Memoria y se aplicarán conforme a lo indicado en la GUÍA-EA-ANEXO I (Ejemplos de aplicación del Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior).

Se empleará el programa de cálculo de iluminación DIALux evo para la simplificación de los cálculos.

### 5.2.1. TIPO DE LUMINARIA A UTILIZAR

La luminaria seleccionada es de la marca **Philiphs modelo SGS452** versión cerrada con cierre de vidrio lenticular, con posibilidad de potencia máxima de 70 W.

Se decide la selección de esta luminaria ya que está pensada para zonas industriales, vías secundarias, áreas residenciales o vías principales. Además de por su diseño vanguardista y por ser 100% reciclable.

### 5.2.2. LÁMPARA A UTILIZAR

La lámpara seleccionada es de vapor de sodio a alta presión y una potencia de 70W. El modelo de Philiphs elegido es **SON-T 70W E E27**.

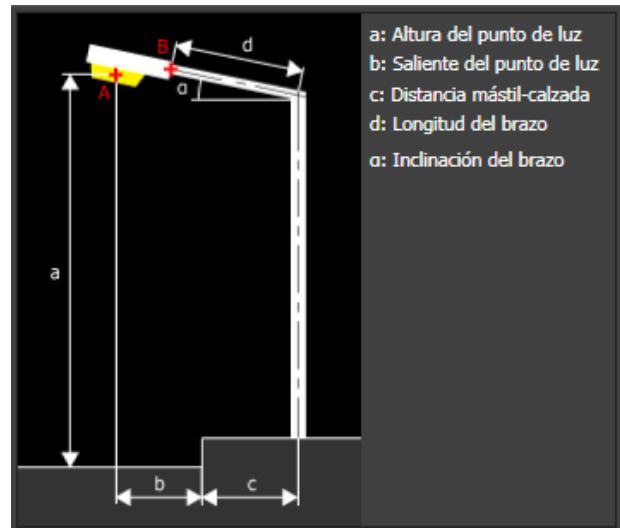
Se ha elegido una lámpara de vapor de sodio a alta presión ya que son de las más usadas en alumbrado público debido a su elevado rendimiento luminoso además de tener un tiempo de vida elevado.

### 5.2.3. MÁSTIL

El mástil es el encargado de sostener la luminaria. La configuración del mástil a partir de la cual se han realizado los cálculos para todos los viales, con motivo de unificar criterios y hacer tanto la instalación como el diseño más sencillo, es la siguiente.

Donde:

- a: 10 metros
- b: 0 metro
- c: 0 metros
- d: 0 metros
- $\alpha$ : 0 grados



### 5.2.4. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

Debido a la diferente geometría de cada uno de los viales a iluminar, será necesario realizar un modelo individual para cada uno de ellos.

Los pasos a seguir en DIALux serán:

- Definir la geometría de la vía
- Indicar los niveles de iluminación mínimos exigidos conforme a la ITC-EA-02. Es decir nivel ME4b en la calzada y CE5 en las aceras.
- Definir las luminarias, lámparas y geometría de los mástiles conforme a lo anteriormente indicado.
- Definir la posición de las luminarias (tresbosillo, unilateral o bilateral).
- Realizar el cálculo y verificar que se cumplen los mínimos de iluminación distinguiendo entre calzada y acera tal y como se indica en la Guía Técnica de Aplicación: Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.

- Cálculo de la eficiencia energética y comprobar que cumple conforme lo indicado en la tabla 1 de la ITC-EA-01.

### 5.2.5. CÁLCULO NIVEL DE ILUMINACIÓN

Se reflejan a continuación los resultados obtenidos mediante DIALux evo en cada uno de los viales, verificándose que se cumple el nivel ME4b en calzada y CE5 en aceras. Además se recogen los gráficos obtenidos en cuanto a intensidad lumínica horizontal y luminancia en calzada seca.

Para los cálculos se toma un factor de mantenimiento ( $f_m$ ) de 0,67. El factor de mantenimiento se ha calculado siguiendo lo indicado en la GUÍA-EA-06 con la siguiente expresión:

$$f_m = FDFL * FSL * FDLU = 0,67$$

Donde:

FDFL: Factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara.

FSL: Factor de supervivencia de la lámpara.

FDLU: Factor de depreciación de la luminaria.

#### 5.2.5.1. CALLE A Y CALLE L

La geometría de estos viales es una vía de 9 metros y dos aceras de 5 metros cada una. Según los cálculos realizados:

Las luminarias se colocarán de forma unilateral en el camino peatonal 2 con una distancia entre mástiles de 13 metros.

Comprobaciones:

▪ Calzada:

	Lm [cd/m²]	U0	UI	Ti [%]	SR
Valor real calculado	0.75	0.75	0.94	3	0.60
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

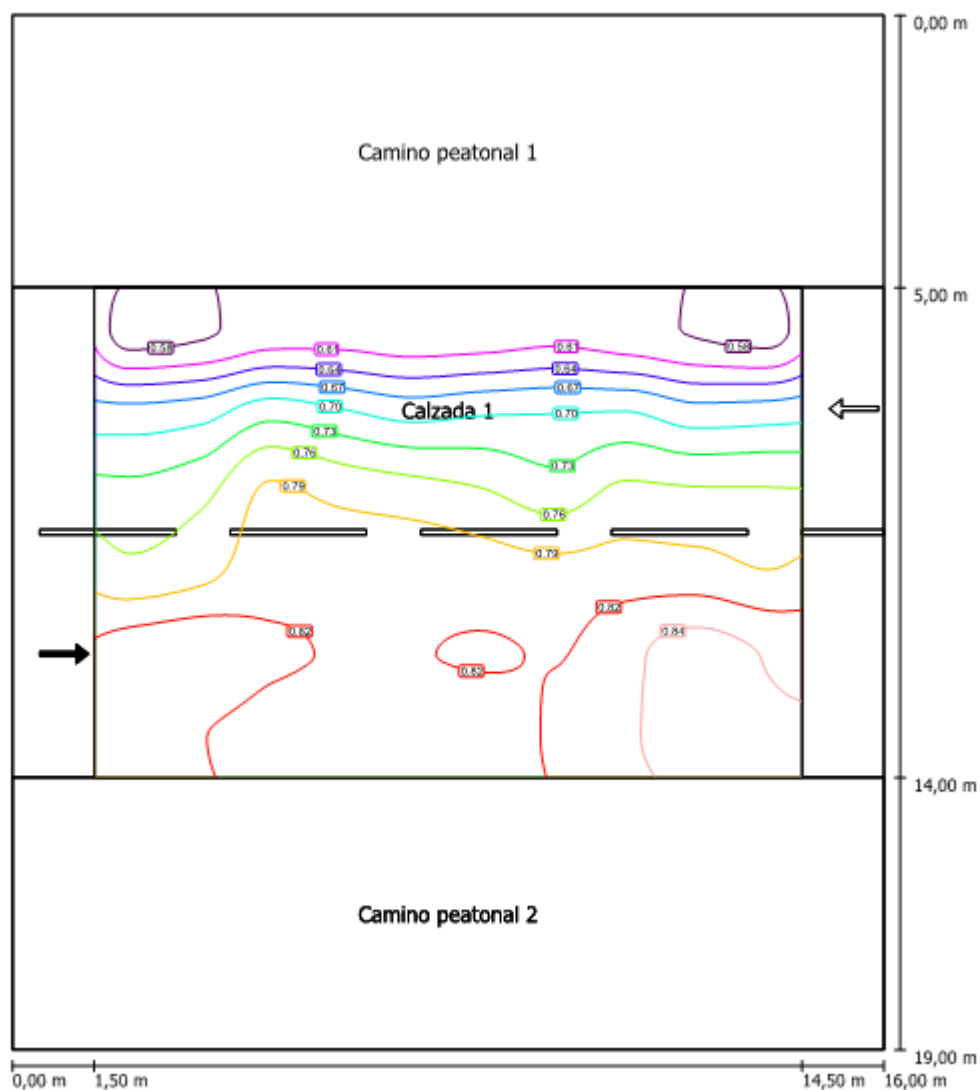
Se verifica que se cumplen los niveles exigidos para clase de alumbrado ME4b:

Intensidad lumínica horizontal (en luxes):



13.250	14	14	15	15	15	15	15	15	14	14
11.750	16	16	17	17	17	17	17	17	16	16
10.250	16	16	17	17	17	17	17	17	16	16
8.750	15	16	16	15	15	15	15	16	16	15
7.250	14	14	13	13	13	13	13	13	14	14
5.750	13	12	12	11	11	11	11	12	12	13
m	0.650	1.950	3.250	4.550	5.850	7.150	8.450	9.750	11.050	12.350

Luminancia en calzada seca:



▪ Camino peatonal 1

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	8.46	0.59
Valor nominal calculado	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Se verifica que se cumplen las exigencias para tipos de alumbrado CE5.

- Camino peatonal 2

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	8.48	0.79
Valor nominal calculado	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido	✓	✓

## 5.2.5.2. CALLE B

La geometría del vial B es una calzada de 5,5 metros y dos caminos peatonales de 8 metros.

Las luminarias se colocaran de forma unilateral sobre el camino peatonal con una distancia entre mástiles de 12 metros.

- Calzada:

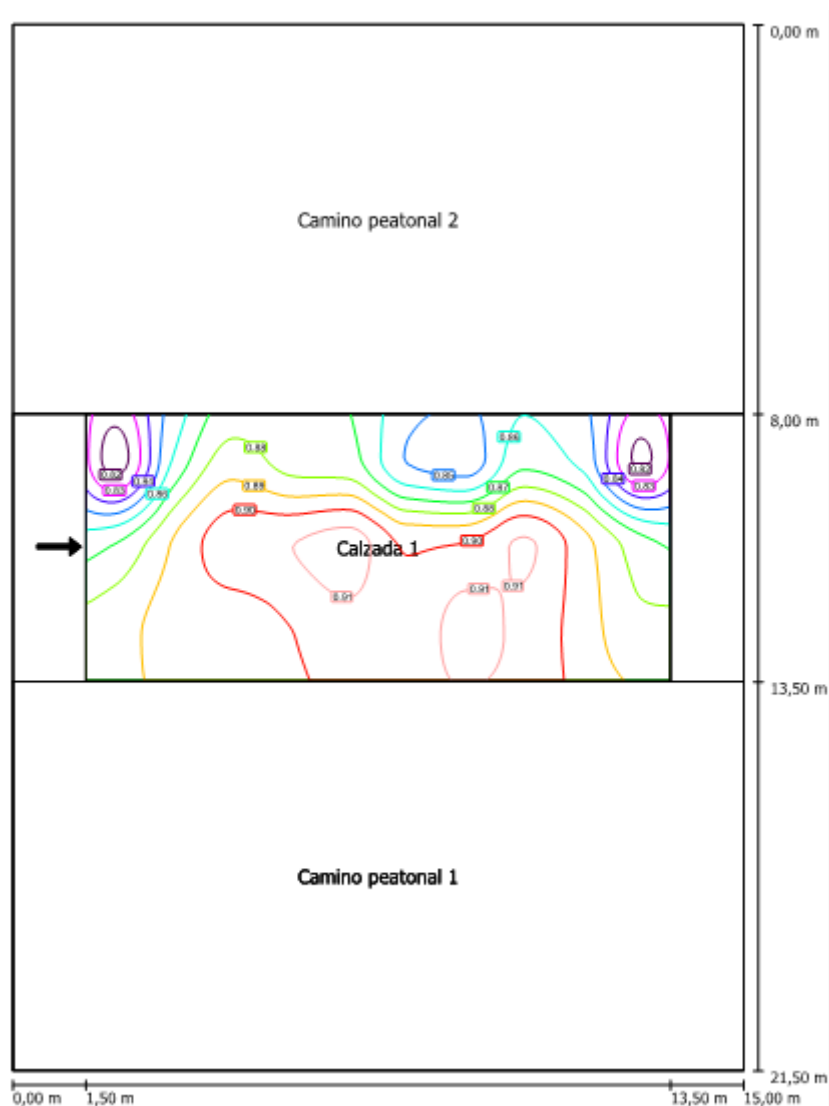
	Lm [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.89	0.92	0.95	3	0.90
Valor nominal calculado	$\geq 0.75$	$\geq 0.40$	$\geq 0.50$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

Se verifica que se cumplen los niveles exigidos para clase de alumbrado ME4b:

## Intensidad lumínica horizontal

12.813	17	18	18	18	18	18	18	18	18	17
11.438	16	16	17	16	16	16	16	17	16	16
10.063	15	15	14	14	13	13	14	14	15	15
8.688	13	13	13	12	12	12	12	13	13	13
m	0.600	1.800	3.000	4.200	5.400	6.600	7.800	9.000	10.200	11.400

## Luminancia en calzada seca



▪ Camino peatonal 1

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	7.94	0.64
Valor nominal calculado	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido	✓	✓

▪ Camino peatonal 2

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	12.78	0.48
Valor nominal calculado	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido	✓	✓

## 5.2.5.3. CALLE C, CALLE E Y CALLE D

La geometría de ambos viales se resume en una vía central de 5 metros y dos caminos peatonales a ambos lados de 4,5 metros cada uno.

Según los cálculos obtenidos, las luminarias se dispondrán de forma unilateral sobre el camino peatonal 1, con una distancia entre mástiles de 13 metros.

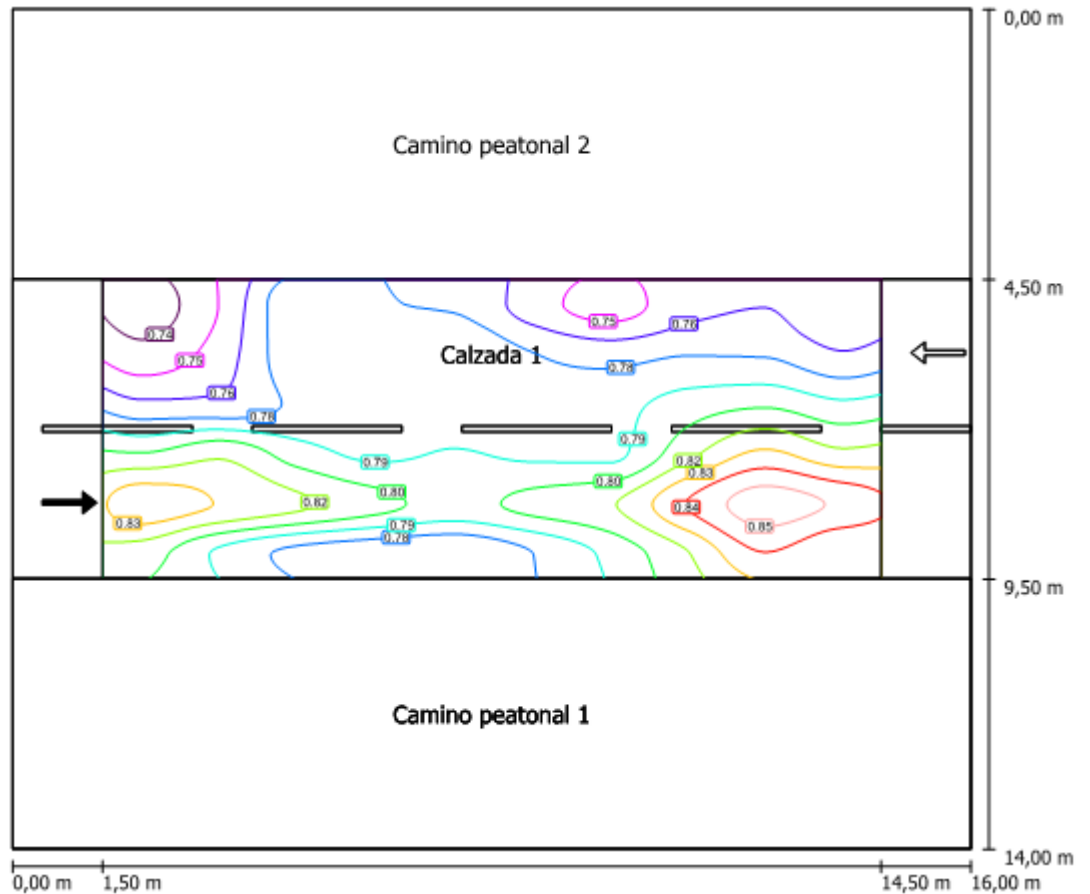
- Calzada:

	Lm [cd/m²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.79	0.90	0.93	3	0.94
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

## Intensidad lumínica horizontal

8.875	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
7.625	15	15	15	14	14	14	14	15	15	15
6.375	13	14	13	12	12	12	12	13	14	13
5.125	13	12	12	11	11	11	11	12	12	13
m	0.650	1.950	3.250	4.550	5.850	7.150	8.450	9.750	11.050	12.350

## Luminancia en calzada seca



▪ Camino peatonal 1

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	8.67	0.82
Valor nominal calculado	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido	✓	✓

▪ Camino peatonal 2

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	15.41	0.83
Valor nominal calculado	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido	✓	✓

5.2.5.4. CALLE K

La geometría que presenta el vial consiste en una calzada de 7 metros y una acera de 5 metros.

La disposición de las luminarias será unilateral sobre el camino peatonal, y la distancia entre mástiles de 13 metros.

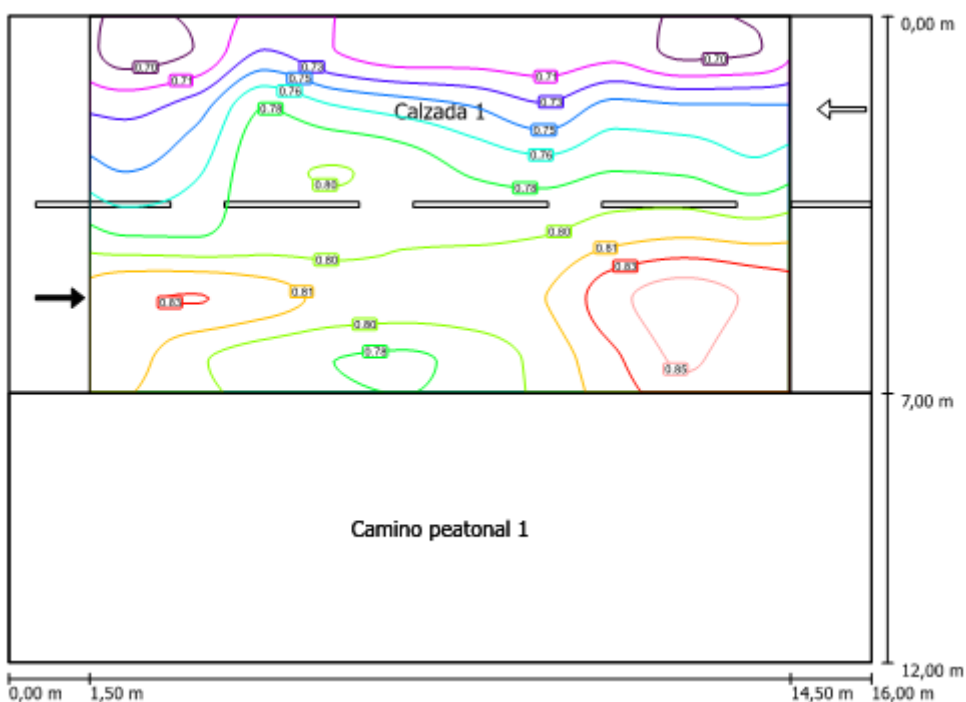
▪ Calzada

	Lm [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.78	0.88	0.93	3	0.76
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

Intensidad lumínica horizontal

11.300	16	16	17	17	17	17	17	17	16	16
9.900	16	16	17	17	17	17	17	17	16	16
8.500	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
7.100	14	14	13	12	12	12	12	13	14	14
5.700	13	12	12	11	11	11	11	12	12	13
m	0.650	1.950	3.250	4.550	5.850	7.150	8.450	9.750	11.050	12.350

Luminancia en calzada seca



▪ Camino peatonal 1

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	8.48	0.79
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✓	✓

## 5.2.5.5. CALLE F

La geometría del vial se ha modelizado como una calzada de 5 metros, un camino peatonal de 2 metros y un carril de estacionamiento de 7 metros.

La disposición de las luminarias será unilateral sobre el camino peatonal, y la distancia entre mástiles de 13 metros.

- Calzada:

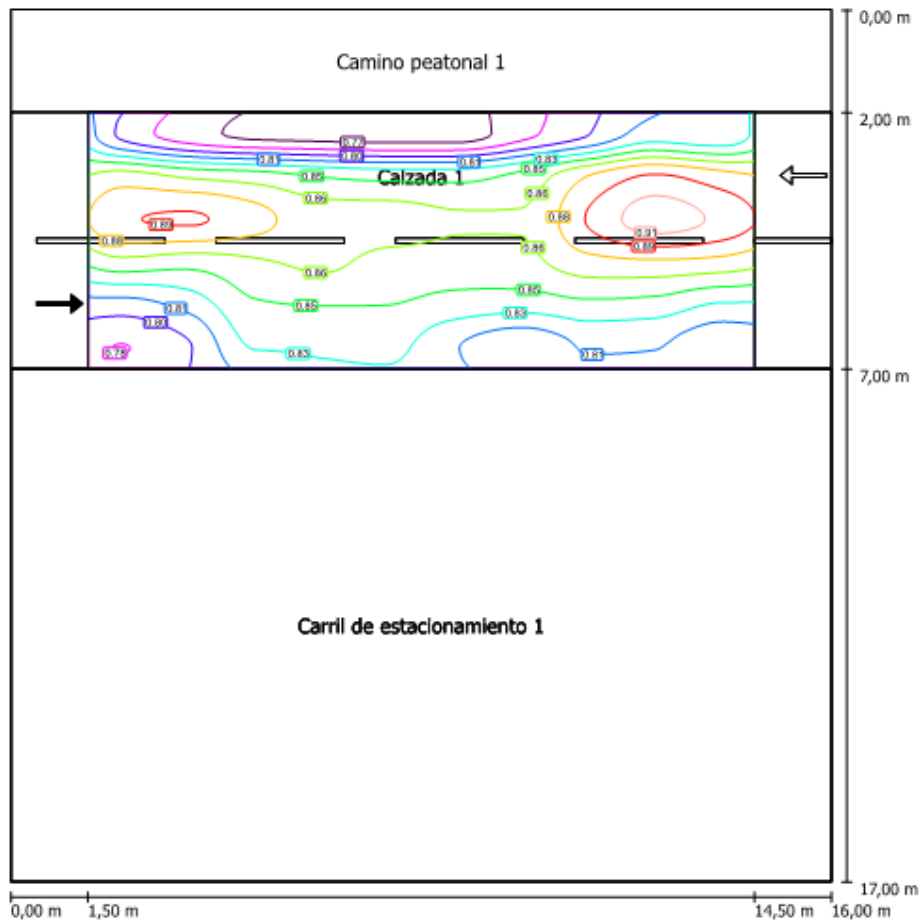
Observamos cómo se verifican los niveles de iluminación exigidos en el tipo de iluminación MEB4.

	Lm [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.79	0.90	0.94	3	0.94
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

## Intensidad lumínica horizontal

14.375	13	12	12	11	11	11	11	12	12	13
13.125	13	14	13	12	12	12	12	13	14	13
11.875	15	15	15	14	14	14	14	15	15	15
10.625	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
m	0.650	1.950	3.250	4.550	5.850	7.150	8.450	9.750	11.050	12.350

## Luminancia en calzada seca



▪ Camino peatonal 1

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	9.76	0.86
Valor nominal calculado	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido	✓	✓

5.2.5.6. CALLE J

La geometría del vial se ha modelizado como una calzada de 4,5 metros, un camino peatonal de 5 metros y un carril de estacionamiento de 5 metros.

La disposición de las luminarias será unilateral sobre el camino peatonal, y la distancia entre mástiles de 13 metros.

▪ Calzada:

Observamos cómo se verifican los niveles de iluminación exigidos en el tipo de iluminación MEb4.

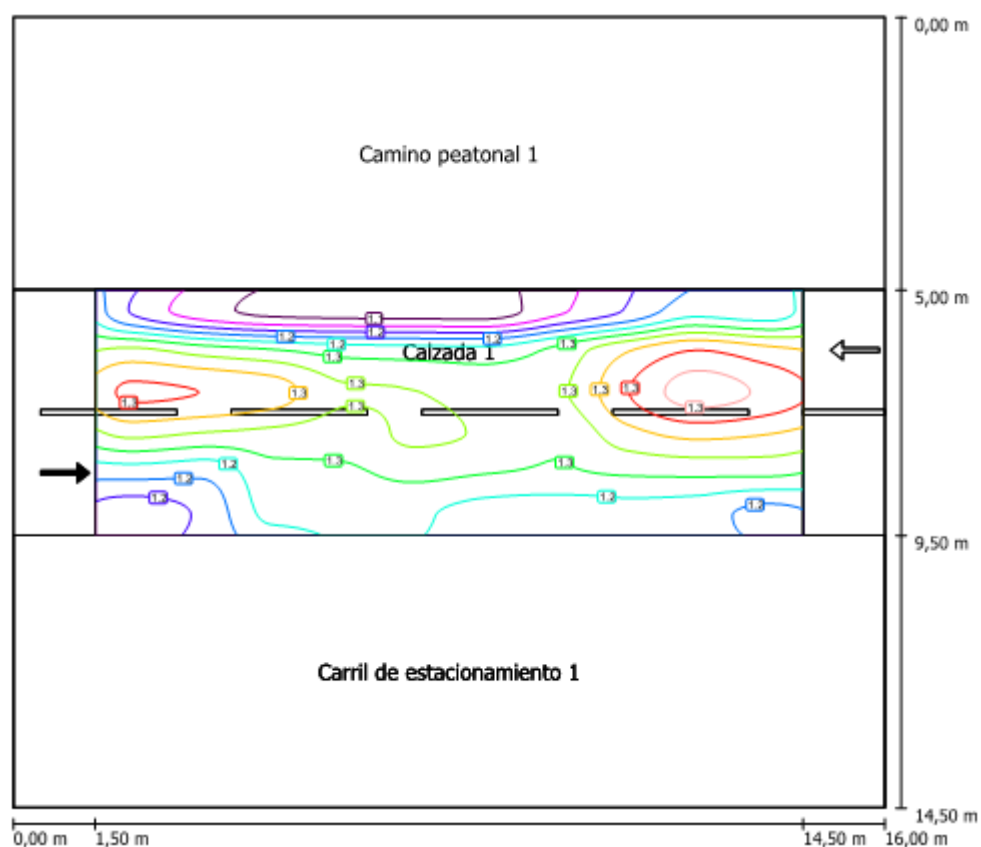


	Lm [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.79	0.91	0.94	3	0.97
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

### Intensidad lumínica horizontal

8.750	13	12	12	11	11	11	11	12	12	13
7.250	14	14	13	13	13	13	13	13	14	14
5.750	15	16	16	15	15	15	15	16	16	15
m	0.650	1.950	3.250	4.550	5.850	7.150	8.450	9.750	11.050	12.350

### Luminancia en calzada seca



#### ■ Camino peatonal

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	8.48	0.79
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✓	✓

#### 5.2.5.7. CALLE I

La geometría del vial se ha modelizado como una calzada de 5 metros y dos caminos peatonales de 2 y 5 metros cada uno.

La disposición de las luminarias será unilateral y se dispondrán cada 13 metros sobre el camino peatonal 1.

##### ▪ Calzada:

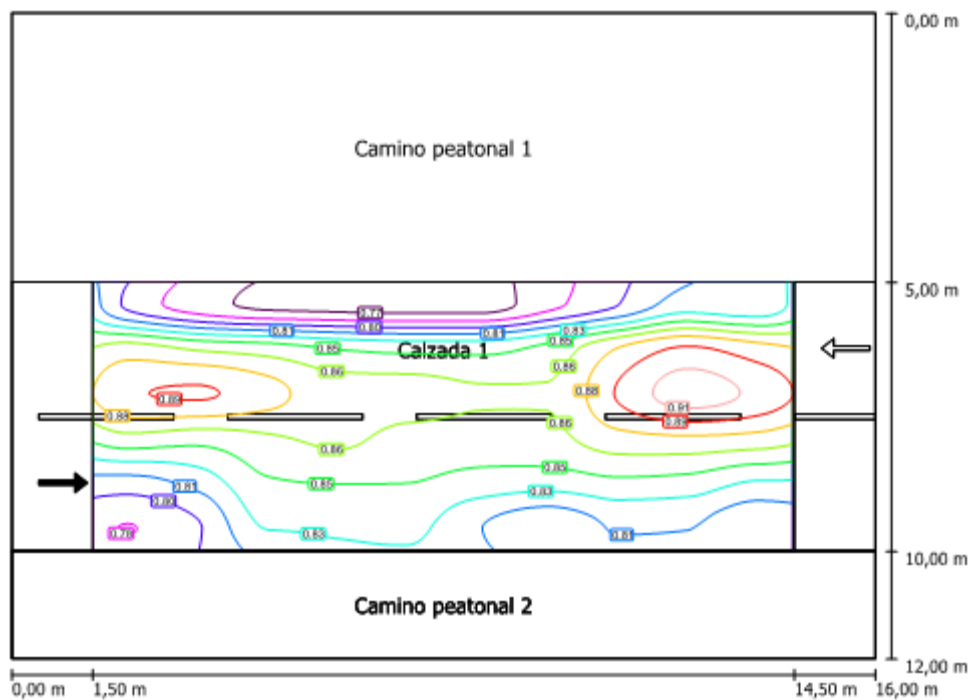
Observamos como se verifican los niveles de iluminación exigidos en el tipo de iluminación MEB4.

	Lm [cd/m <sup>2</sup> ]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.79	0.90	0.94	3	0.94
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.50	≤ 15	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

##### Intensidad lumínica horizontal

6.375	13	12	12	11	11	11	11	12	12	13
5.125	13	14	13	12	12	12	12	13	14	13
3.875	15	15	15	14	14	14	14	15	15	15
2.625	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
m	0.650	1.950	3.250	4.550	5.850	7.150	8.450	9.750	11.050	12.350

##### Luminancia en calzada seca



▪ Camino peatonal 1

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	8.48	0.79
Valor nominal calculado	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido	✓	✓

▪ Camino peatonal 2

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	16.76	0.95
Valor nominal calculado	$\geq 7.50$	$\geq 0.40$
Cumplido/No cumplido	✓	✓

5.2.5.8. CALLE H

La geometría del vial se ha modelizado como una calzada de 8 metros y un camino peatonal de 5 metros cada uno a cada lado.

Como resultado se ha obtenido que los mástiles estarán a 27 metros de distancia entre ellos en tresbosillo.

▪ Calzada:

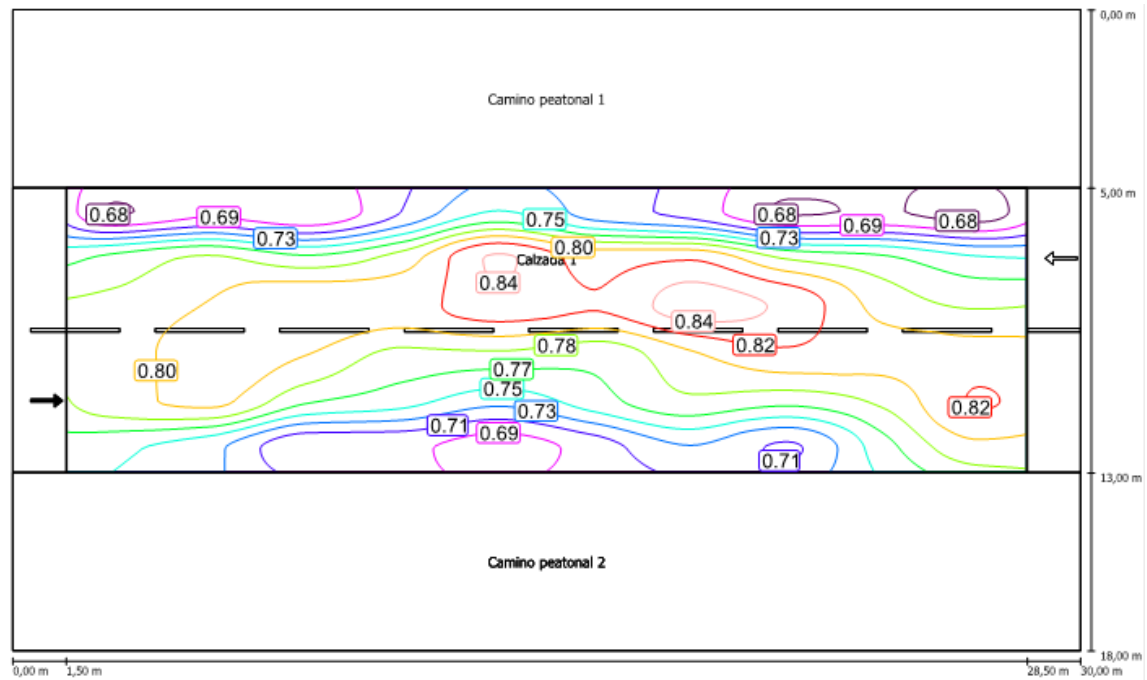
Observamos como se verifican los niveles de iluminación exigidos en el tipo de iluminación MEb4.

	Lm [cd/m²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valor real calculado	0.77	0.86	0.90	4	0.68
Valor nominal calculado	$\geq 0.75$	$\geq 0.40$	$\geq 0.50$	$\leq 15$	$\geq 0.50$
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

Intensidad lumínica horizontal

12.333	12	12	13	14	15	15	14	13	12	12
11.000	13	14	14	15	15	15	15	14	14	13
9.667	14	15	15	15	15	15	15	15	15	14
8.333	15	15	15	15	14	14	15	15	15	15
7.000	15	15	14	14	13	13	14	14	15	15
5.667	15	14	13	12	12	12	12	13	14	15
m	1.350	4.050	6.750	9.450	12.150	14.850	17.550	20.250	22.950	25.650

Luminancia en calzada seca



- Camino peatonal 1-2. Mismos resultados obtenidos en ambas aceras por simetría

	Em [lx]	U0
Valor real calculado	8.95	0.63
Valor nominal calculado	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido	✓	✓

#### 5.2.6. CÁLCULO DEL VALOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA E ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se calcula la eficiencia energética de la instalación de alumbrado de cada uno de los viales con motivo de verificar que cumple los mínimos exigidos en ITC-EA-01 y reflejados en la siguiente tabla.

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
≤ 7,5	9,5

Figura 25: Requisitos mínimos de eficiencia energética.

La eficiencia energética de una instalación viene dada por:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P}$$

Donde:

P: potencia energética de las luminarias en la zona de cálculo en W

S: superficie de la zona de cálculo en m<sup>2</sup>

Em: iluminancia media en servicio de la instalación en lux

Se calcula el índice de eficiencia energética junto con el índice de calificación energética con el fin de poder clasificar energéticamente la instalación tal y como se indica en ITC-EA-01.

El índice de eficiencia energética viene dado por:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

Donde:

$\varepsilon$ : eficiencia energética

ER: eficiencia energética de referencia

La eficiencia energética de referencia viene dada por la tabla 3 de la ITC-EA-01.

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada $E_m$ (lux)	Eficiencia energética de referencia $\varepsilon_R$ $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada $E_m$ (lux)	Eficiencia energética de referencia $\varepsilon_R$ $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
$\geq 30$	32	--	--
25	29	--	--
20	26	$\geq 20$	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	$\leq 5$	5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal			

Figura 26: Valores de eficiencia energética de referencia.

El índice de calificación energética se calcula según la siguiente expresión:

$$ICE = 1/I_{\varepsilon}$$

Comparando el valor ICE con la tabla 4 de la ITC-EA-01 se le atribuye a la instalación la letra de calificación energética.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$I_{\varepsilon} > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_{\varepsilon} > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_{\varepsilon} > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_{\varepsilon} > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_{\varepsilon} > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_{\varepsilon} > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$I_{\varepsilon} \leq 0,20$

Figura 27: Calificación energética de una instalación de alumbrado.

A continuación se exponen los cálculos realizados, con los que se verifica que se cumplen las exigencias anteriormente indicadas y cuál es la calificación energética de cada vial.

#### 5.2.6.1. CALLE A Y CALLE L

Como las luminarias están en un único lateral, la potencia será P.

$$\varepsilon = \frac{19 * 13 * 15}{70} = 52,93 > 15$$

$$I_{\varepsilon} = \frac{52,93}{23} = 2,30$$

$$ICE = \frac{1}{2,30} = 0,43$$

Calificación energética: A

#### 5.2.6.2. CALLE B

Como las luminarias están en un único lateral, la potencia será P.

$$\varepsilon = \frac{21,5 * 13 * 15}{70} = 59,89 > 15$$

$$I_{\varepsilon} = \frac{59.89}{23} = 2,60$$

$$ICE = \frac{1}{2,60} = 0,38$$

Calificación energética: A

#### 5.2.6.3. CALLE C, CALLE E, CALLE D

Como las luminarias están en un único lateral, la potencia será P.

$$\varepsilon = \frac{14 * 13 * 14}{70} = 36,4 > 14$$

$$I_{\varepsilon} = \frac{34,8}{21} = 1,66$$

$$ICE = \frac{1}{1,66} = 0,60$$

Calificación energética: A

#### 5.2.6.4. CALLE K

Como las luminarias están en un único lateral, la potencia será P.

$$\varepsilon = \frac{12 * 13 * 14}{70} = 31,2 > 15$$

$$I_{\varepsilon} = \frac{31,2}{22} = 1,42$$

$$ICE = \frac{1}{1,42} = 0,70$$

Calificación energética: A

#### 5.2.6.5. CALLE F

Como las luminarias están en un único lateral, la potencia será P.

$$\varepsilon = \frac{17 * 13 * 14}{70} = 44,2 > 15$$

$$I_{\varepsilon} = \frac{44,2}{22} = 2,00$$

$$ICE = \frac{1}{2,00} = 0,50$$

Calificación energética: A

#### 5.2.6.6. CALLE J

Como las luminarias están en un único lateral, la potencia será P.

$$\varepsilon = \frac{14,5 * 13 * 14}{70} = 37,7 > 15$$

$$I_{\varepsilon} = \frac{37,7}{22} = 1,71$$

$$ICE = \frac{1}{1,71} = 0,58$$

Calificación energética: A

#### 5.2.6.7. CALLE I

Como las luminarias están en un único lateral, la potencia será P.

$$\varepsilon = \frac{12 * 13 * 14}{70} = 31,2 > 15$$

$$I_{\varepsilon} = \frac{31,2}{22} = 1,42$$

$$ICE = \frac{1}{1,42} = 0,71$$

Calificación energética: A

#### 5.2.6.8. CALLE H

Como las luminarias están a tresbosillo, la potencia será 2P.

$$\varepsilon = \frac{18 * 27 * 14}{2 * 70} = 48,6 > 15$$



$$I_{\varepsilon} = \frac{48,6}{22} = 2,21$$

$$ICE = \frac{1}{2,21} = 0,45$$

Calificación energética: A

#### 5.2.6.9. TOTALIDAD DEL ALUMBRADO

Se realiza la calificación energética de la **totalidad de la instalación** según criterio indicado en GTA: Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior para calificar una instalación de alumbrado constituida por diferentes secciones de viales.

$$I_{\varepsilon} = \frac{\sum(I_{\varepsilon i} * S_i)}{\sum S_i}$$

Donde:

$I_{\varepsilon i}$ : Índice de eficiencia energética de la instalación de AE en una calle i.  
 $S_i$ : Superficie en m<sup>2</sup>.

$$I_{\varepsilon} = 2,34$$

$$ICE = \frac{1}{2,34} = 0,43$$

**Calificación energética: A**

#### 5.2.7. RESUMEN ILUMINACIÓN

Atendiendo a los resultados anteriormente indicados y al criterio del proyectista se efectúa el diseño de la iluminación de los viales. Puede verse en el Anexo Planos la disposición final de cada una de las luminarias, siendo el total de luminarias dispuestas de **100 unidades**.

Los niveles mínimos de iluminación ME4b en calzada y CE5 en aceras están asegurados según los cálculos anteriores.

Los niveles de eficiencia energética mínima se cumplen y la calificación energética de la instalación de alumbrado es de **tipo A**.

# PLANOS

---

## ÍNDICE PLANOS

---

<b>1. EMPLAZAMIENTO .....</b>	<b>129</b>
1.1. UBICACIÓN .....	129
1.2. LOCALIZACIÓN .....	129
1.3. DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS .....	129
1.4. SUPERFICIES Y POTENCIAS .....	129
<b>2. RED DE MEDIA TENSIÓN 15 KV .....</b>	<b>134</b>
2.1. PLANO GENERAL RED MT. UBICACIÓN DE LOS CTS .....	134
2.2. ZANJAS MEDIA TENSIÓN .....	134
2.3. ESQUEMA UNIFILIAR MT .....	134
<b>3. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS .....</b>	<b>138</b>
3.1. CASETA CT PREFABRICADO ORMAZÁBAL .....	138
3.2. INSTALACIONES CASETA CT .....	138
3.3. DETALLE PUESTA A TIERRA CT .....	138
<b>4. RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN .....</b>	<b>142</b>
4.1. PLANO GENERAL RED BT .....	142
4.2. DETALLE ZANJAS BT .....	142
4.3. DETALLE CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN .....	142
4.4. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS DESDE CT1 .....	142
4.5. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS DESDE CT2 .....	142
4.6. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS DESDE CT3 .....	142
4.7. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS DESDE CT4 .....	142
<b>5. RED DE ALUMBRADO .....</b>	<b>150</b>
5.1. PLANO GENERAL RED DE ALUMBRADO: CABLES .....	150
5.2. PLANO GENERAL RED DE ALUMBRADO: ZANJAS .....	150
5.3. DETALLE ZANJAS ALUMBRADO BAJO ACERA .....	150
5.4. DETALLE ZANJAS ALUMBRADO BAJO CALZADA .....	150

5.5.	DETALLA ARQUETAS, PUESTA A TIERRA, EMPALMES, DERIVACIONES, MARCOS Y TAPAS ....	150
5.6.	DETALLE COLUMNA Y CIMENTACIÓN .....	150
5.7.	DETALLE CUADRO DE ALUMBRADO .....	150
5.8.	ESQUEMA UNIFILIAR DE POTENCIA CUADRO DE MANDO .....	150

## **1. EMPLAZAMIENTO**

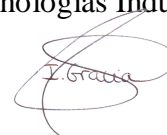
### **1.1. UBICACIÓN**

### **1.2. LOCALIZACIÓN**

### **1.3. DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS**

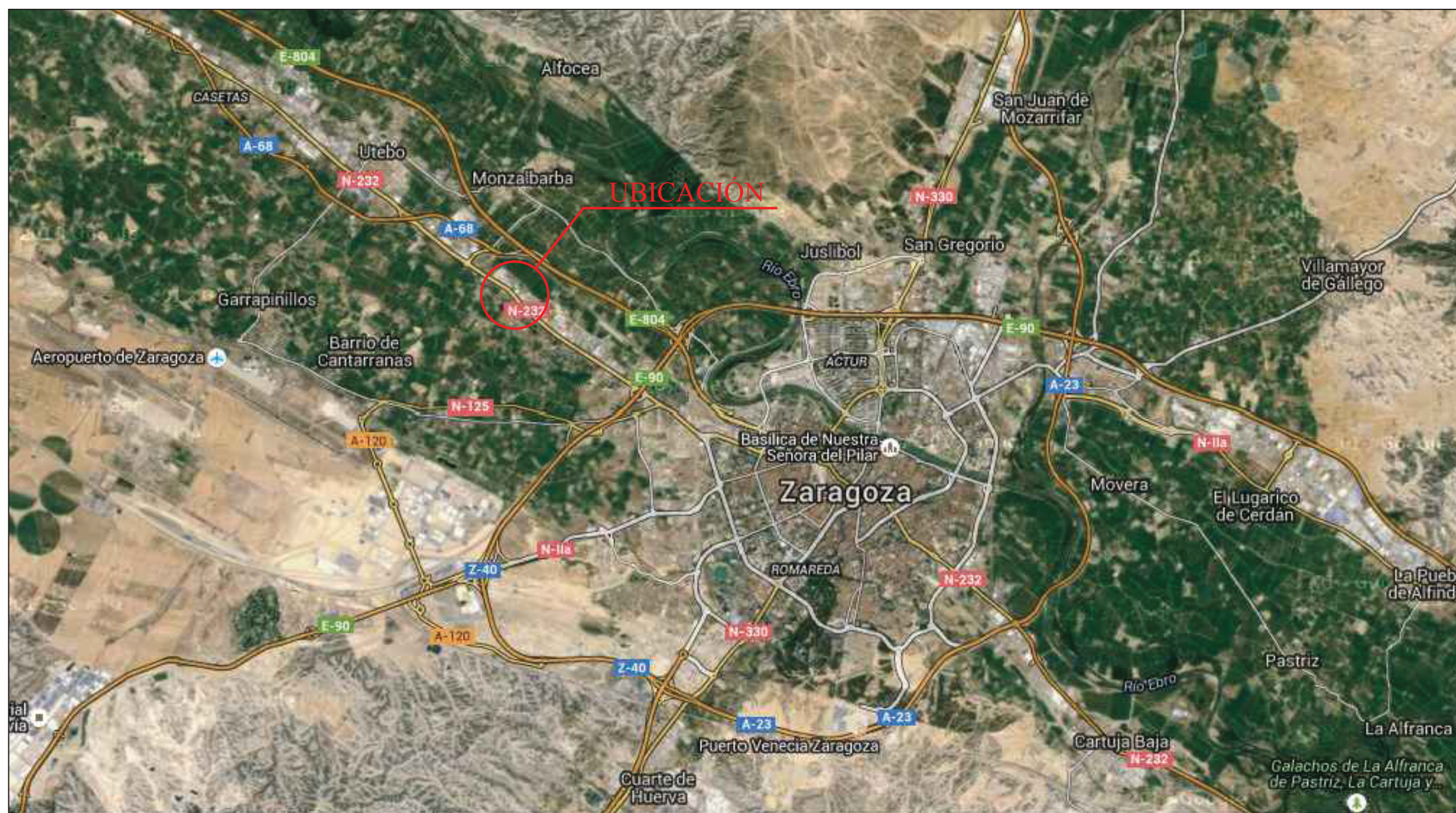
### **1.4. SUPERFICIES Y POTENCIAS**

Zaragoza, julio de 2015  
El Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales



Fdo: Ignacio Gracia Subira

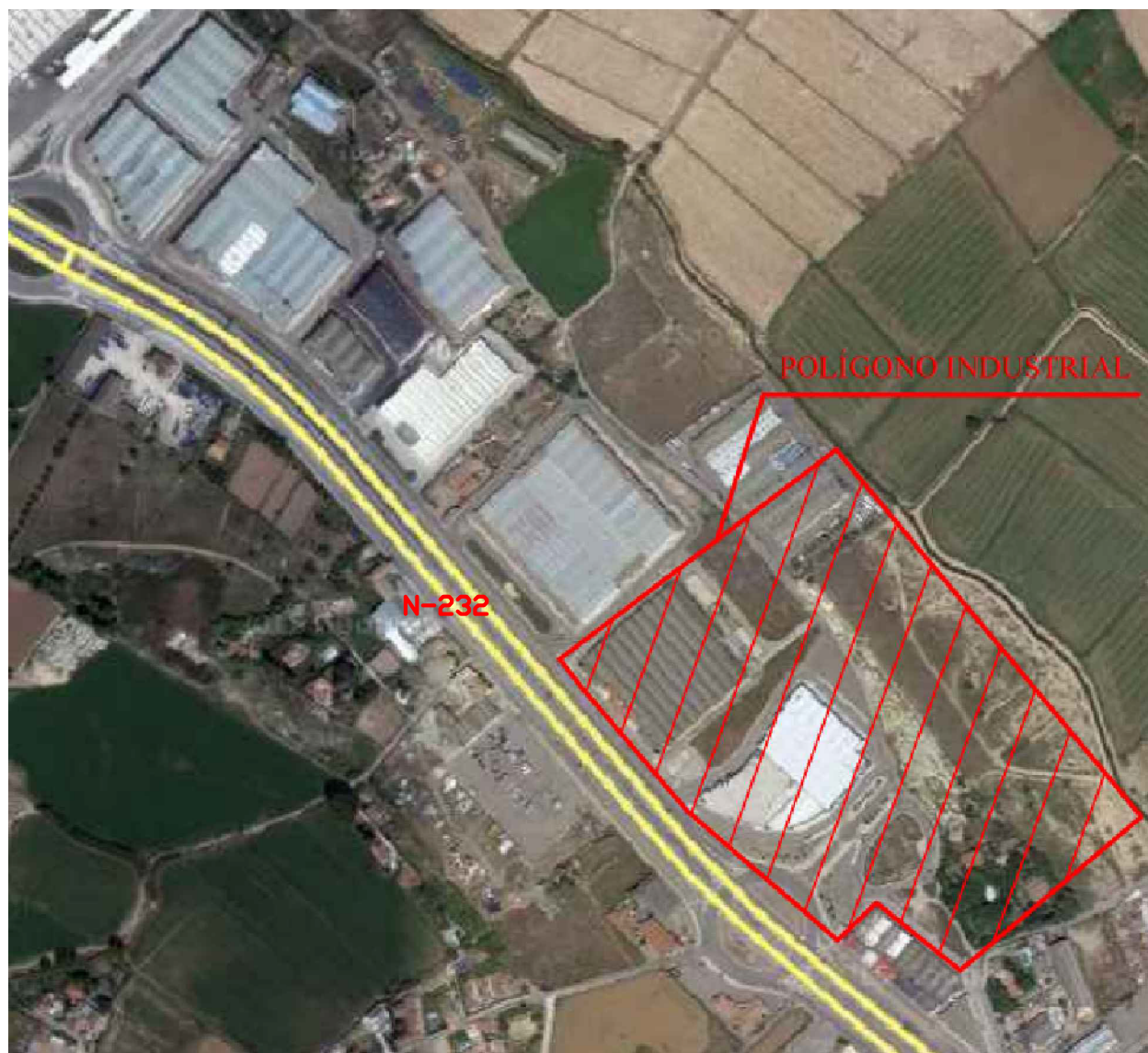





	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	UBICACIÓN			Plano nº
S.E.				1.01







	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</i> 
<i>Dibujado</i>	<i>JULIO 2015</i>	<i>I. Gracia Subira</i>		
<i>Comprobado</i>				
<i>id.s.normas</i>				
<i>Escala:</i>  <i>S.E.</i>	<i>LOCALIZACIÓN</i>			<i>Plano nº</i>  <i>1.02</i>



## LEYENDA

Superficie total 34.714 m<sup>2</sup>

Potencia total: 4,34 MW

Número total de parcelas: 64

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS			Plano n° 1.03
1:1500				







## LEYENDA

Superficie total 34.714 m<sup>2</sup>

Potencia total: 4,34 MW

Número total de parcelas: 64

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	1:1500			Plano n° 1.04



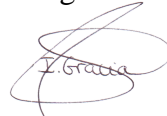
## **2. RED DE MEDIA TENSIÓN 15 kV**

### **2.1. PLANO GENERAL RED MT. UBICACIÓN DE LOS CTS**

### **2.2. ZANJAS MEDIA TENSIÓN**

### **2.3. ESQUEMA UNIFILIAR MT**

Zaragoza, julio de 2015  
El Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales



Fdo: Ignacio Gracia Subira



### LEYENDA

Anillo MT 15 kV

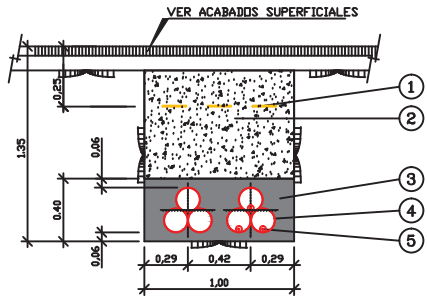
Longitud de línea: 1.111 metros

Conductor: 3x240 mm<sup>2</sup> Al RHZ 12/20 kV

SUB AT/MT - CT3 - CT1- CT2- CT4

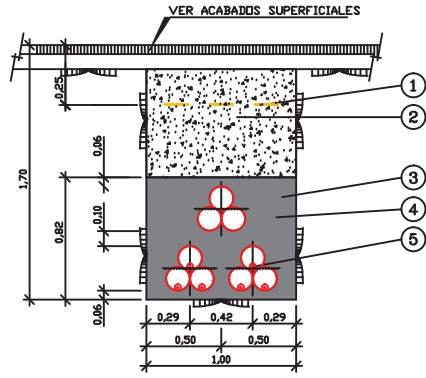
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	PLANO GENERAL RED MT UBICACIÓN CT			Plano nº 2.01
1:1500				





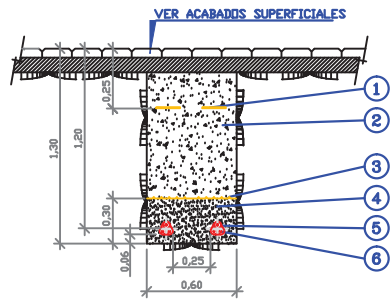
- LA POSICION Nº 2 SE COMPACTARA MECANICAMENTE POR TONGADAS DE UN ESPESOR MAXIMO DE 0.15 mts. DENSIDAD 95% COMO MINIMO.
- SI LA ANCHURA DE LA ZANJA ES SUPERIOR AL 50% DE LA ANCHURA DE LA ACERA LA REPOSICION DEL PAVIMENTO SE EXTENDERA A LA TOTALIDAD DE LA ACERA.
- 1.- MALLA P.E. DE SEÑALIZACION
  - 2.- TIERRA DE EXCAVACION COMPACTADA
  - 3.- HORMIGON EN MASA HM-20
  - 4.- TUBO DOBLE PARED CORRUGADO EN EXTERIOR Y LISO EN INTERIOR Ø160 mm. SEGUN UNE-EN-50086.2.4-N
  - 5.- CABLES M.T.

**ZANJA CRUCE DE CALZADA**  
**6 TUBOS**  
SIN ESCALA. Cotas en m



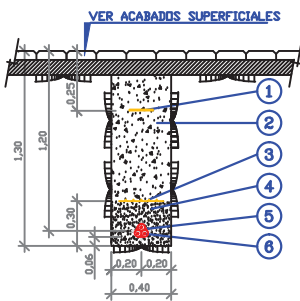
- LA POSICION Nº 2 SE COMPACTARA MECANICAMENTE POR TONGADAS DE UN ESPESOR MAXIMO DE 0.15 mts. DENSIDAD 95% COMO MINIMO.
- SI LA ANCHURA DE LA ZANJA ES SUPERIOR AL 50% DE LA ANCHURA DE LA ACERA LA REPOSICION DEL PAVIMENTO SE EXTENDERA A LA TOTALIDAD DE LA ACERA.
- 1.- MALLA P.E. DE SEÑALIZACION
  - 2.- TIERRA DE EXCAVACION COMPACTADA
  - 3.- HORMIGON EN MASA HM-20
  - 4.- TUBO DOBLE PARED CORRUGADO EN EXTERIOR Y LISO EN INTERIOR Ø160 mm. SEGUN UNE-EN-50086.2.4-N
  - 5.- CABLES M.T.

**ZANJA CRUCE DE CALZADA**  
**9 TUBOS**  
SIN ESCALA. Cotas en m



- LA POSICION Nº 2 SE COMPACTARA MECANICAMENTE POR TONGADAS DE UN ESPESOR MAXIMO DE 0.15 mts. DENSIDAD 95% COMO MINIMO.
- SI LA ANCHURA DE LA ZANJA ES SUPERIOR AL 50% DE LA ANCHURA DE LA ACERA LA REPOSICION DEL PAVIMENTO SE EXTENDERA A LA TOTALIDAD DE LA ACERA.
- 1.- CINTA P.E. DE SEÑALIZACION
  - 2.- TIERRA DE EXCAVACION COMPACTADA
  - 3.- PLACA PE
  - 4.- LIMO
  - 5.- ABRAZADERA TIPO UNEX (COLOCADA CADA 1,50 m.)
  - 6.- HAZ DE CABLES M.T.

**ZANJA POR ACERA Y ZONA AJARDINADA**  
**DOS CABLES TRIFASICOS**  
**O DOS TERNAS DE CABLES UNIPOLARES**  
SIN ESCALA. Cotas en m



- LA POSICION Nº 2 SE COMPACTARA MECANICAMENTE POR TONGADAS DE UN ESPESOR MAXIMO DE 0.15 mts. DENSIDAD 95% COMO MINIMO.
- SI LA ANCHURA DE LA ZANJA ES SUPERIOR AL 50% DE LA ANCHURA DE LA ACERA LA REPOSICION DEL PAVIMENTO SE EXTENDERA A LA TOTALIDAD DE LA ACERA.
- 1.- CINTA P.E. DE SEÑALIZACION
  - 2.- TIERRA DE EXCAVACION COMPACTADA
  - 3.- PLACA PE
  - 4.- LIMO
  - 5.- ABRAZADERA TIPO UNEX (COLOCADA CADA 1,50 m.)
  - 6.- HAZ DE CABLES M.T.

**ZANJA POR ACERA Y ZONA AJARDINADA**  
**UN CABLE TRIFASICO**  
**O UNA TERNAS DE CABLES UNIPOLARES**  
SIN ESCALA. Cotas en m



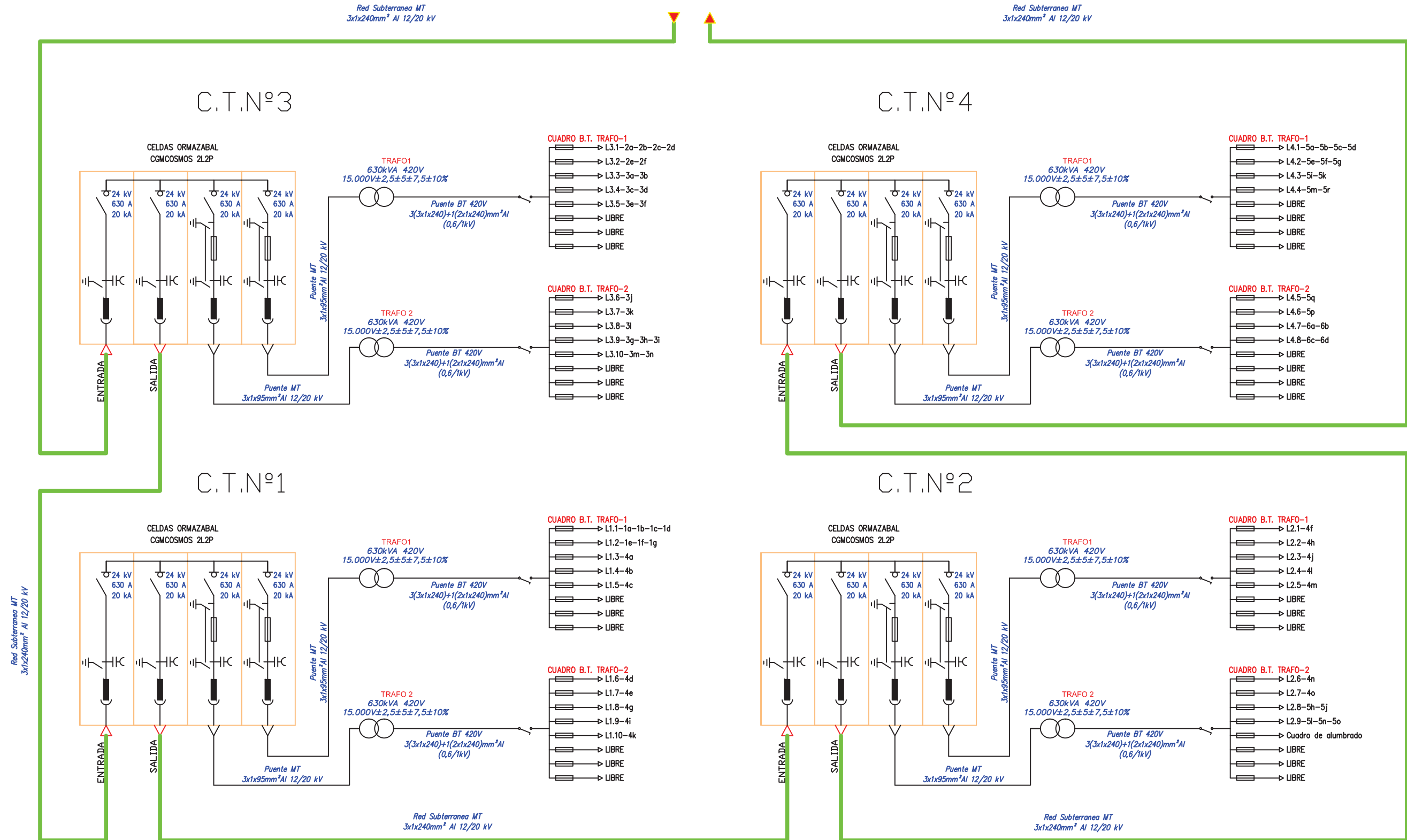
## LEYENDA


	ZANJA ACERA 1 TERNA DE CABLES
	ZANJA ACERA 2 TERNAS DE CABLES
	ZANJA CALZADA 6 TUBOS
	ZANJA CALZADA 9 TUBOS



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	PLANO RED ZANJAS MT DETALLES TIPO ZANJA			Plano nº 2.02

## Subestación AT/MT



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA 
<i>Dibujado</i>	<i>JULIO 2015</i>	<i>I. Gracia Subira</i>		
<i>Comprobado</i>				
<i>id.s.normas</i>				
<i>Escala:</i>  <i>S.E.</i>	<i>ESQUEMA UNIFILIAR</i> <i>RED MT</i>			<i>Plano nº</i>  <i>2.03</i>

### **3. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS**

#### **3.1. CASETA CT PREFABRICADO ORMAZÁBAL**

#### **3.2. INSTALACIONES CASETA CT**

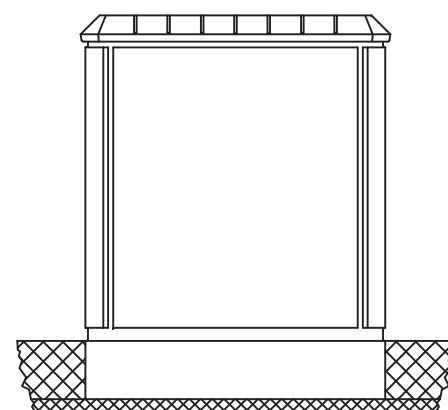
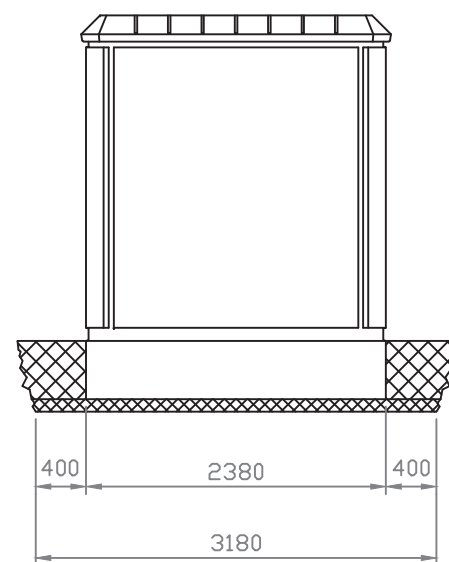
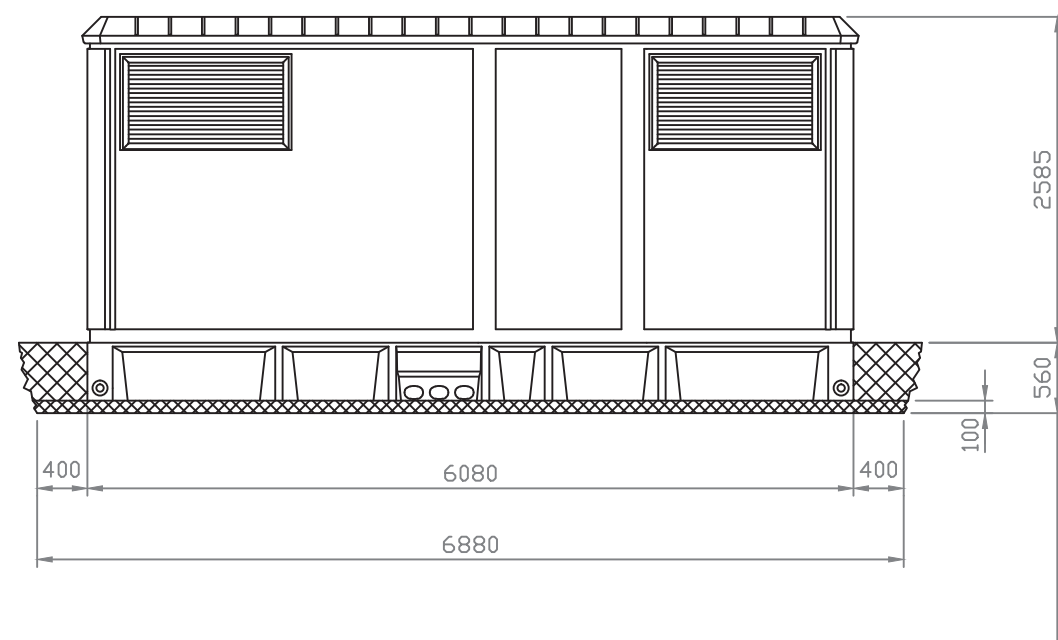
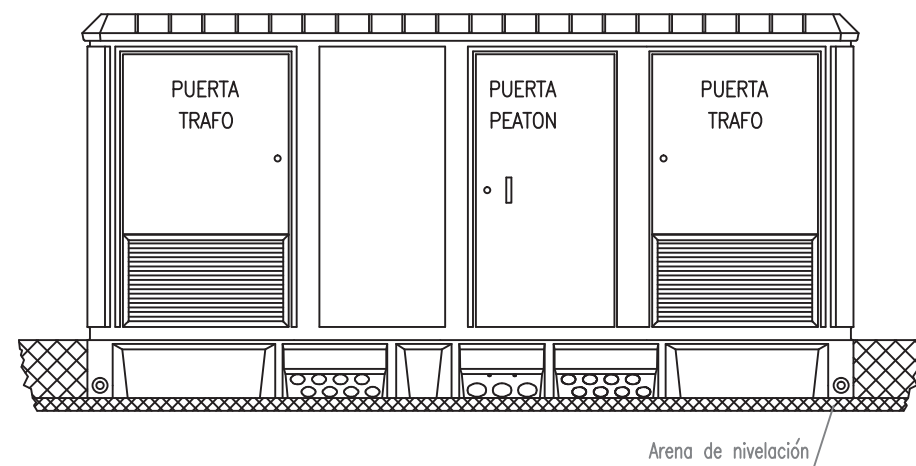
#### **3.3. DETALLE PUESTA A TIERRA CT**

Zaragoza, julio de 2015  
El Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

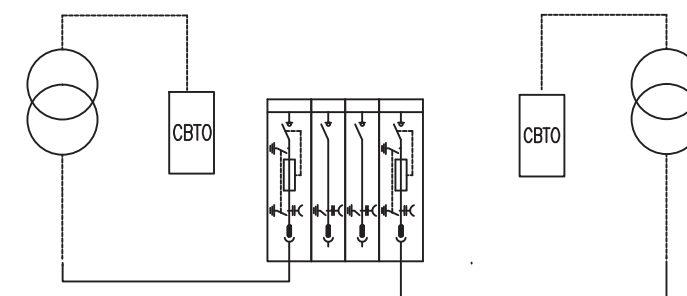
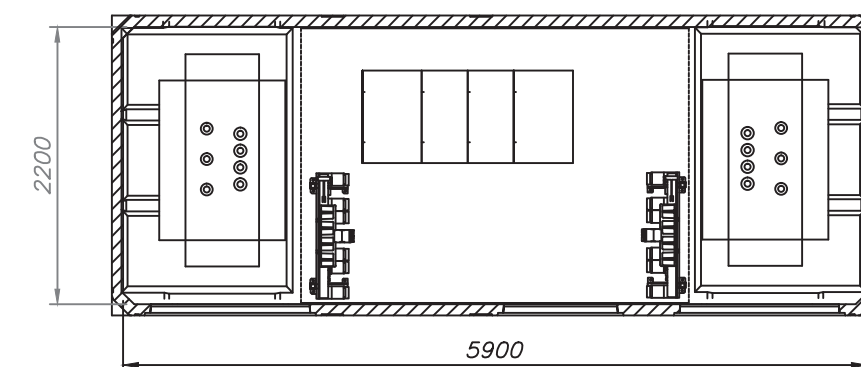
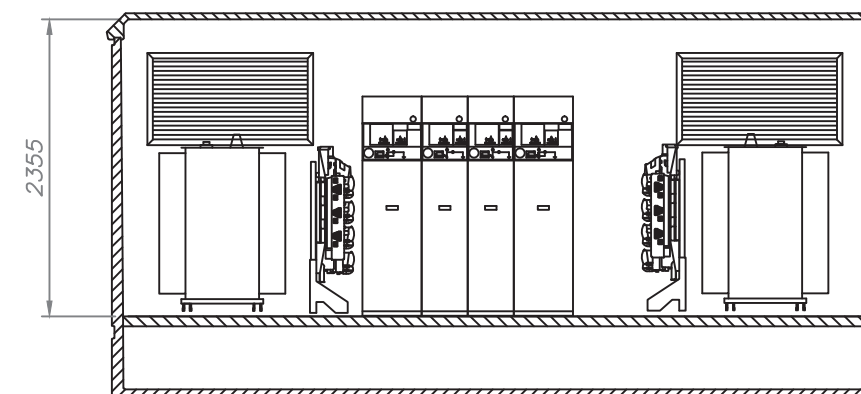



Fdo: Ignacio Gracia Subira






DIMENSIONES DE LA EXCAVACION  
6.88 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.

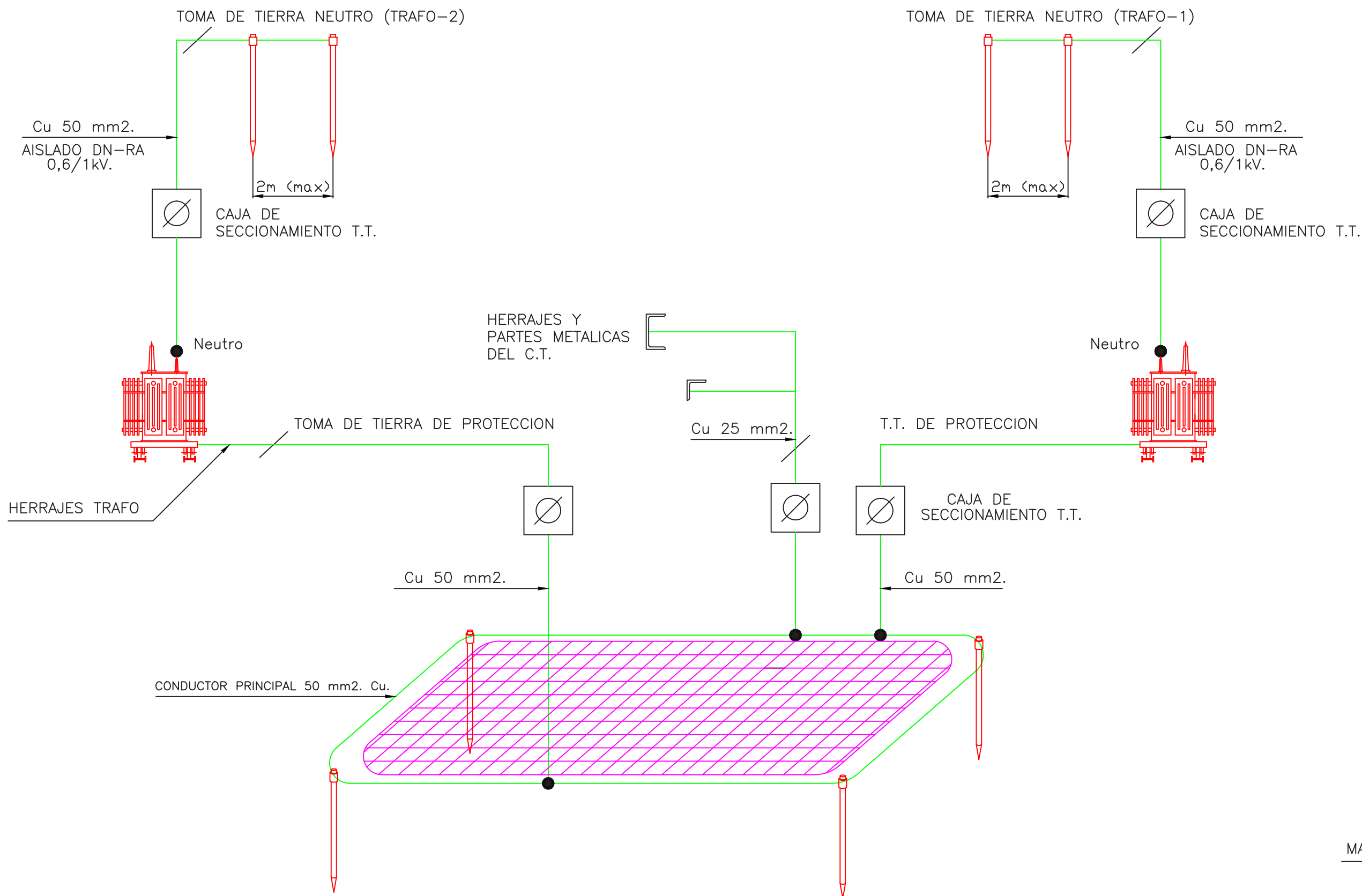


	Fecha	Nombre	Firma:	<b>ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> 
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala: 1:60	CASETA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADA ORMAZÁBAL PFU 5/20			Plano n° 3.01



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA 
<i>Dibujado</i>	<i>JULIO 2015</i>	<i>I. Gracia Subira</i>		
<i>Comprobado</i>				
<i>id.s.normas</i>				
<i>Escala:</i>  <i>1:50</i>	<i>EQUIPAMIENTO E INSTALACIÓN          CASETA CENTRO DE          TRANSFORMACIÓN</i>			<i>Plano nº</i>  <i>3.02</i>



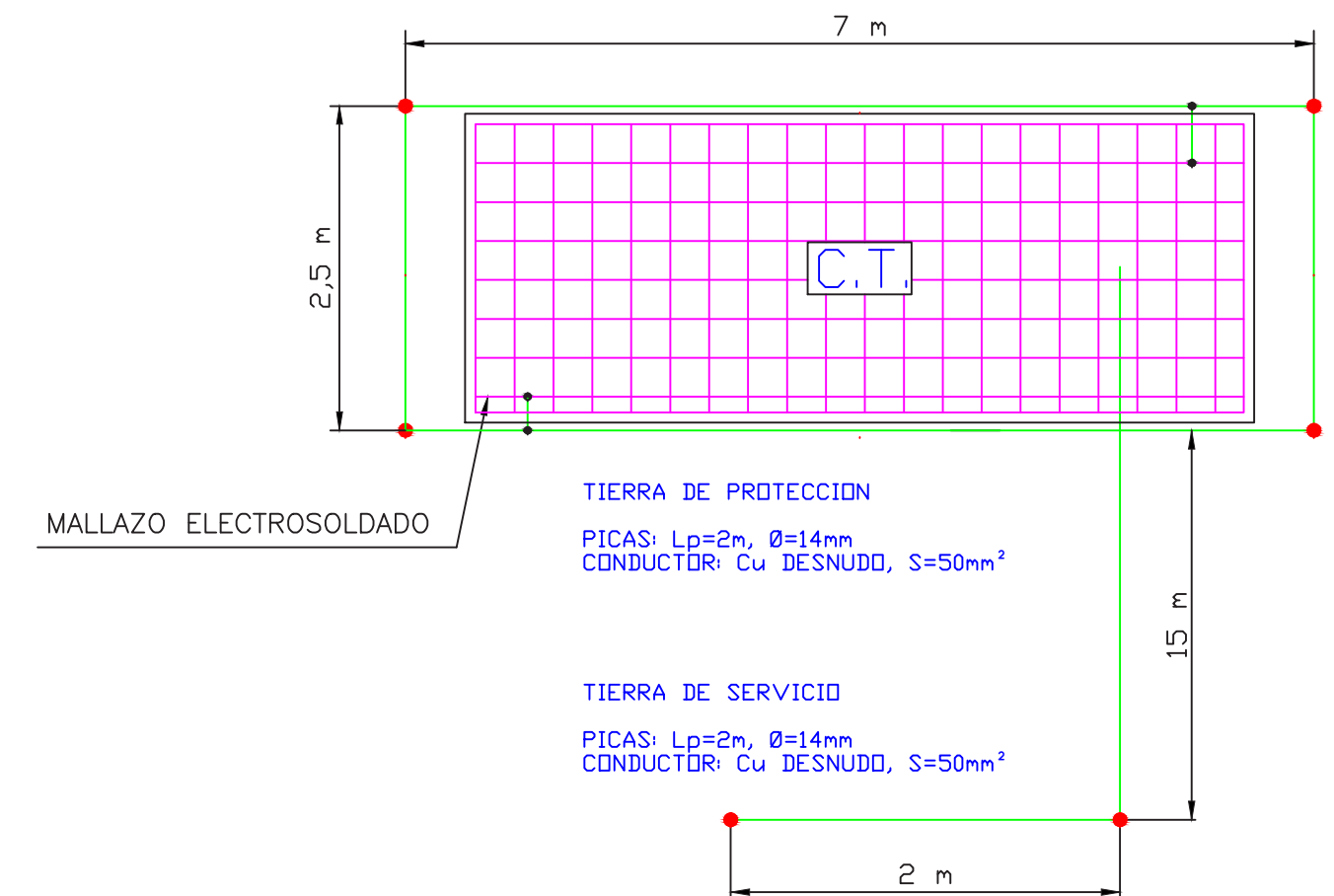


EL nº DE PICAS QUE SE DISPONDRAN EN CADA CASO, SERA EL RESULTANTE PARA QUE LA MEDIDA DE LA RESISTENCIA A TIERRA NO SEA MAYOR DE 12 OHMIOS.  
LA UNION ENTRE PICAS SE REALIZARA CON CONDUCTOR DESNUDO (SIN AISLAMIENTO)

EL ANILLO PERIMETRAL EN MONTAJE VISTO, ESTASUJETO A LOS MUROS DE CERRAMIENTO CON SOPORTES ADECUADOS, PARA T.T. DE TODAS LAS PARTES METALICAS EXISTENTES EN EL C.T.

LA DISTANCIA ENTRE LA T.T. DE HERRAJES Y NEUTRO SERA DE 24m.

LA RESISTENCIA DE TIERRA SERA MENOR DE 12 Ohm



TIERRA DE PROTECCION  
CONFIGURACION: 70-25/5/42  
PROFUNDIDAD ELECTRODO: 0.5m  
SECCION CONDUCTOR: 50mm²  
DIAMETRO PICAS: Ø=14mm  
NUMERO PICAS: 4  
LONGITUD PICAS: 2 metros

TIERRA DE SERVICIO  
CONFIGURACION: 5/22  
PROFUNDIDAD ELECTRODO: 0.5m  
SEPARACION PICAS: 2m  
2 PICAS EN HILERA UNIDAS  
POR CONDUCTOR HORIZONTAL  
SECCION CONDUCTOR: 50mm²  
DIAMETRO PICAS: Ø=14mm  
LONGITUD PICAS: 2

EN EL PISO DEL CENTRO DE TRANSFORMACION SE INSTALARA UN MALLAZO ELECTROSOLDADO, CON REDONDOS DE DIAMETRO NO INFERIOR A 4mm FORMANDO UNA RETICULA NO SUPERIOR A 0,30X030m  
ESTE MALLAZO SE CONECTARA COMO MINIMO EN DOS PUNTOS OPUESTOS DE LA PUESTA A TIERRA DE PROTECCION DEL CENTRO

DICHO MALLZO ESTARA CUBIERTO POR UNA CAPA DE HORMIGON DE 10cm. COMO MINIMO.  
LAS PUERTAS Y REJILLAS QUE DA AL EXTERIOR DEL CENTRO NO TENDRAN CONTACTO ELECTRICO  
ALGUNO CON MASAS CONDUCTORAS QUE, A CAUSA DE DEFECTOS O AVERIAS, SEAN SUSCEPTIBLES DE QUEDAR SOMETIDAS A TENSION

EL CONDUCTOR DE CONEXION ENTRE EL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR Y EL ELECTRODO DE LA TIERRA DE SERVICIO SERA DE CABLE AISLADO 0'6/1kV DE 50mm² EN Cu, BAJO TUBO DE PVC CON GRADO DE IMPACTO 7 (MINIMO)

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2016	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	DETALLE PUESTA A TIERRA CASETA CT			Plano nº
S.E.				3.03

## **4. RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSION**

### **4.1. PLANO GENERAL RED BT**

### **4.2. DETALLE ZANJAS BT**

### **4.3. DETALLE CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN**

### **4.4. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS DESDE CT1**

### **4.5. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS DESDE CT2**

### **4.6. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS DESDE CT3**



### **4.7. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS DESDE CT4**


Zaragoza, julio de 2015  
El Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

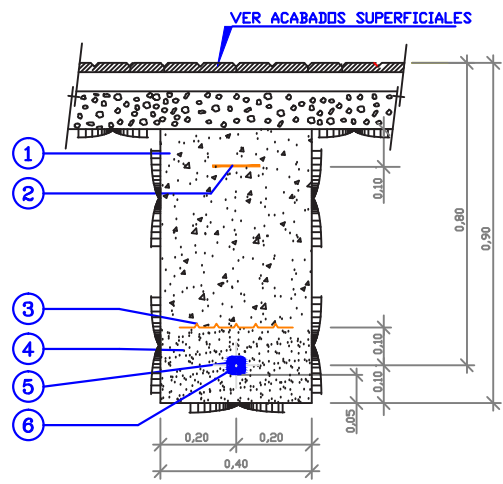


Fdo: Ignacio Gracia Subira



LEYENDA	
	Caja General de Protección
	3x240 + 1x150 mm <sup>2</sup> Al RV 0,6/1 kV

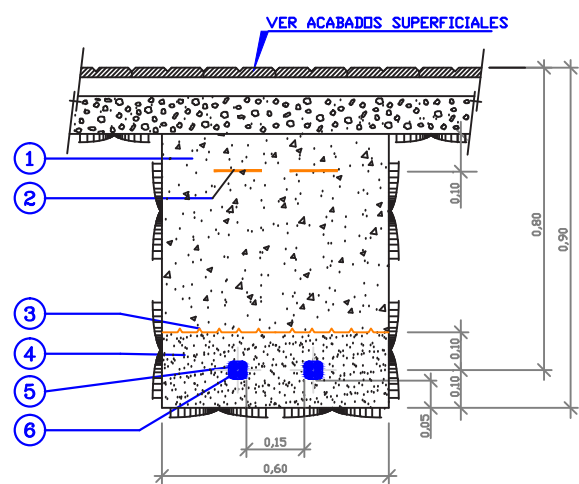
	Fecha	Nombre	Firma:	<b>ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> 
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:  1:1000	<b>PLANO GENERAL RED BT</b>			Plano n°  4.01



- LA POSICION Nº1 SE COMPACTARA MECANICAMENTE POR TONGADAS DE UN ESPESOR MAXIMO DE 0,15 mts. DENSIDAD 95% COMO MINIMO.  
- SI LA ANCHURA DE LA ZANJA ES SUPERIOR AL 50% DE LA ANCHURA DE LA ACERA LA REPOSICION DEL PAVIMENTO SE EXTENDERA A LA TOTALIDAD DE LA ACERA.

- 1.- TIERRA DE EXCAVACION (Ó SIMILAR)  
2.- CINTA SEÑALIZACION PE  
3.- PLACA PE  
4.- LIMO  
5.- CINTA UNION P.V.C. CADA 0,80 m.  
6.- HAZ DE CABLES B.T. 0,6/1Kv.

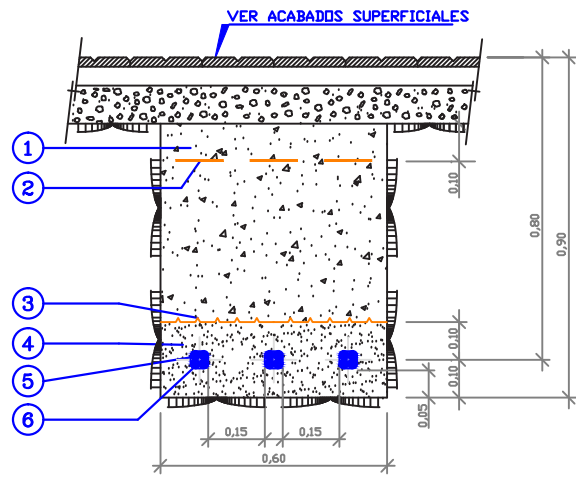
SECCION TIPO ZANJA POR ACERA  
1 HAZ DE CABLES



- LA POSICION Nº1 SE COMPACTARA MECANICAMENTE POR TONGADAS DE UN ESPESOR MAXIMO DE 0,15 mts. DENSIDAD 95% COMO MINIMO.  
- SI LA ANCHURA DE LA ZANJA ES SUPERIOR AL 50% DE LA ANCHURA DE LA ACERA LA REPOSICION DEL PAVIMENTO SE EXTENDERA A LA TOTALIDAD DE LA ACERA.

- 1.- TIERRA DE EXCAVACION (Ó SIMILAR)  
2.- CINTA SEÑALIZACION PE  
3.- PLACA PE  
4.- LIMO  
5.- CINTA UNION P.V.C. CADA 0,80 m.  
6.- HAZ DE CABLES B.T. 0,6/1Kv.

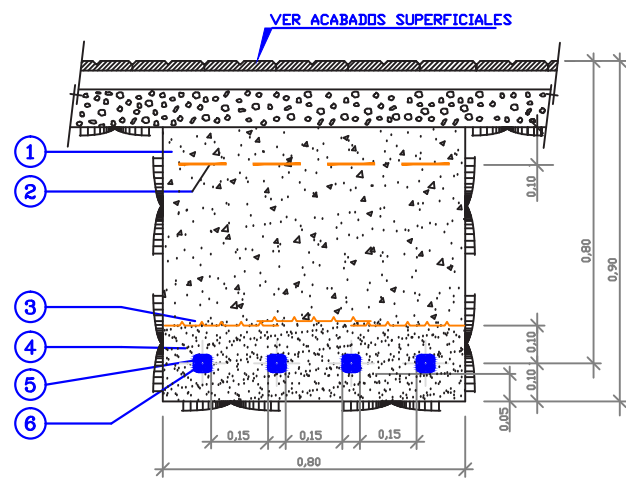
SECCION TIPO ZANJA POR ACERA  
2 HACES DE CABLES



- LA POSICION Nº1 SE COMPACTARA MECANICAMENTE POR TONGADAS DE UN ESPESOR MAXIMO DE 0,15 mts. DENSIDAD 95% COMO MINIMO.  
- SI LA ANCHURA DE LA ZANJA ES SUPERIOR AL 50% DE LA ANCHURA DE LA ACERA LA REPOSICION DEL PAVIMENTO SE EXTENDERA A LA TOTALIDAD DE LA ACERA.

- 1.- TIERRA DE EXCAVACION (Ó SIMILAR)  
2.- CINTA SEÑALIZACION PE  
3.- PLACA PE  
4.- LIMO  
5.- CINTA UNION P.V.C. CADA 0,80 m.  
6.- HAZ DE CABLES B.T. 0,6/1Kv.

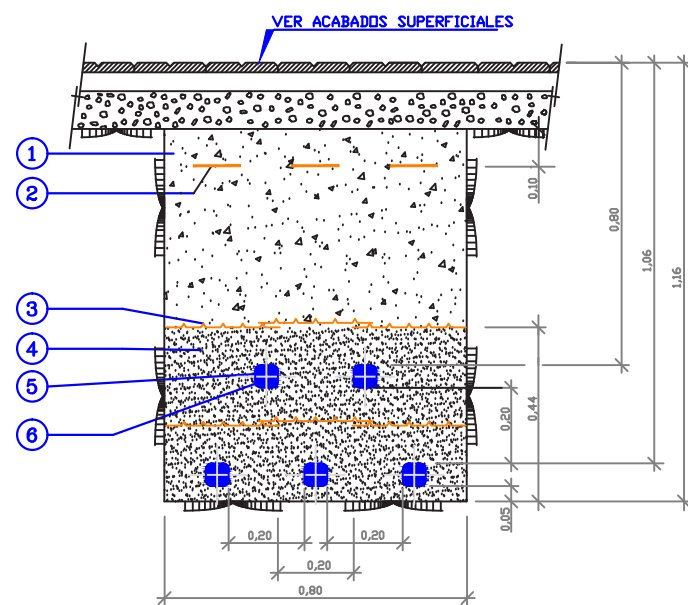
SECCION TIPO ZANJA POR ACERA  
3 HACES DE CABLES



- LA POSICION Nº1 SE COMPACTARA MECANICAMENTE POR TONGADAS DE UN ESPESOR MAXIMO DE 0,15 mts. DENSIDAD 95% COMO MINIMO.  
- SI LA ANCHURA DE LA ZANJA ES SUPERIOR AL 50% DE LA ANCHURA DE LA ACERA LA REPOSICION DEL PAVIMENTO SE EXTENDERA A LA TOTALIDAD DE LA ACERA.

- 1.- TIERRA DE EXCAVACION (Ó SIMILAR)  
2.- CINTA SEÑALIZACION PE  
3.- PLACA PE  
4.- LIMO  
5.- CINTA UNION P.V.C. CADA 0,80 m.  
6.- HAZ DE CABLES B.T. 0,6/1Kv.

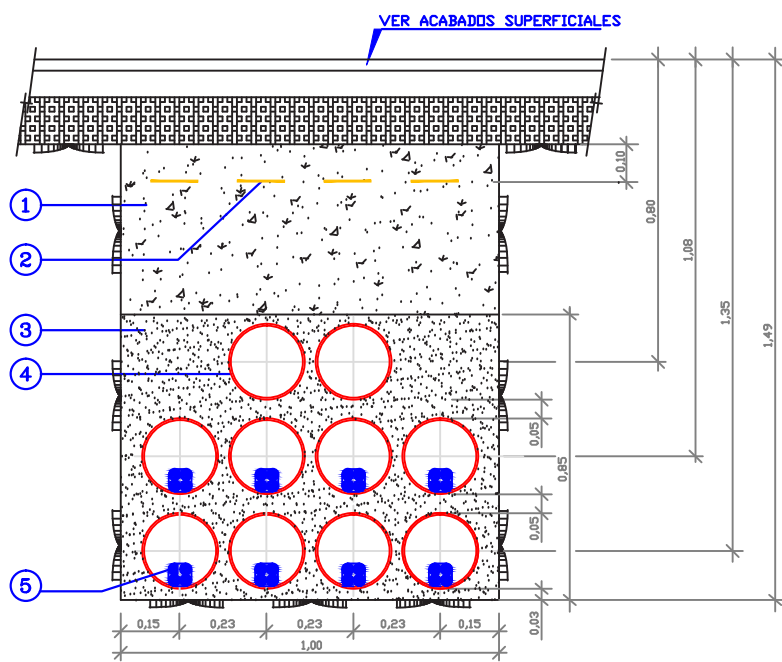
SECCION TIPO ZANJA POR ACERA  
4 HACES DE CABLES



- LA POSICION Nº. 1 SE COMPACTARA MECANICAMENTE POR TONGADAS DE UN ESPESOR MAXIMO DE 0,15 mts. DENSIDAD 95% COMO MINIMO.  
- SI LA ANCHURA DE LA ZANJA ES SUPERIOR AL 50% DE LA ANCHURA DE LA ACERA LA REPOSICION DEL PAVIMENTO SE EXTENDERA A LA TOTALIDAD DE LA ACERA.

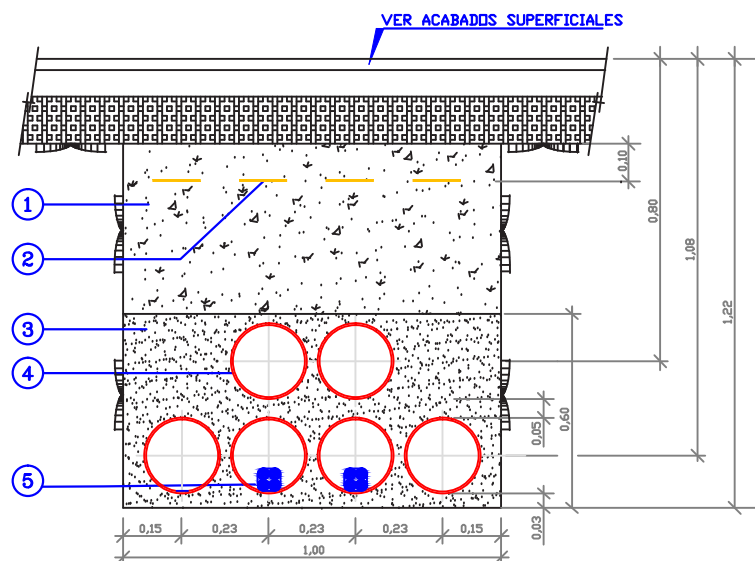
- 1.- TIERRA DE EXCAVACION (Ó SIMILAR)  
2.- CINTA SEÑALIZACION PE  
3.- PLACA PE  
4.- LIMO  
5.- CINTA UNION P.V.C. CADA 0,80 m.  
6.- HAZ DE CABLES B.T. 0,6/1Kv.

SECCION TIPO ZANJA POR ACERA  
5 CIRCUITOS



- 1.- CAPAS DE TIERRA (Ó SIMILAR) COMPACTADA CADA 15 cm. 95% PROCTOR MODIFICADO  
2.- CINTA SEÑALIZACION PE  
3.- HORMIGON EN MASA HM-10  
4.- TUBULAR PE Ø 225 mm.  
5.- CABLES B.T.

SECCION TIPO ZANJA POR CALZADA  
10 TUBOS



- 1.- CAPAS DE TIERRA (Ó SIMILAR) COMPACTADA CADA 15 cm. 95% PROCTOR MODIFICADO  
2.- CINTA SEÑALIZACION PE  
3.- HORMIGON EN MASA HM-10  
4.- TUBULAR PE Ø 225 mm.  
5.- CABLES B.T.

SECCION TIPO ZANJA POR CALZADA  
6 TUBOS

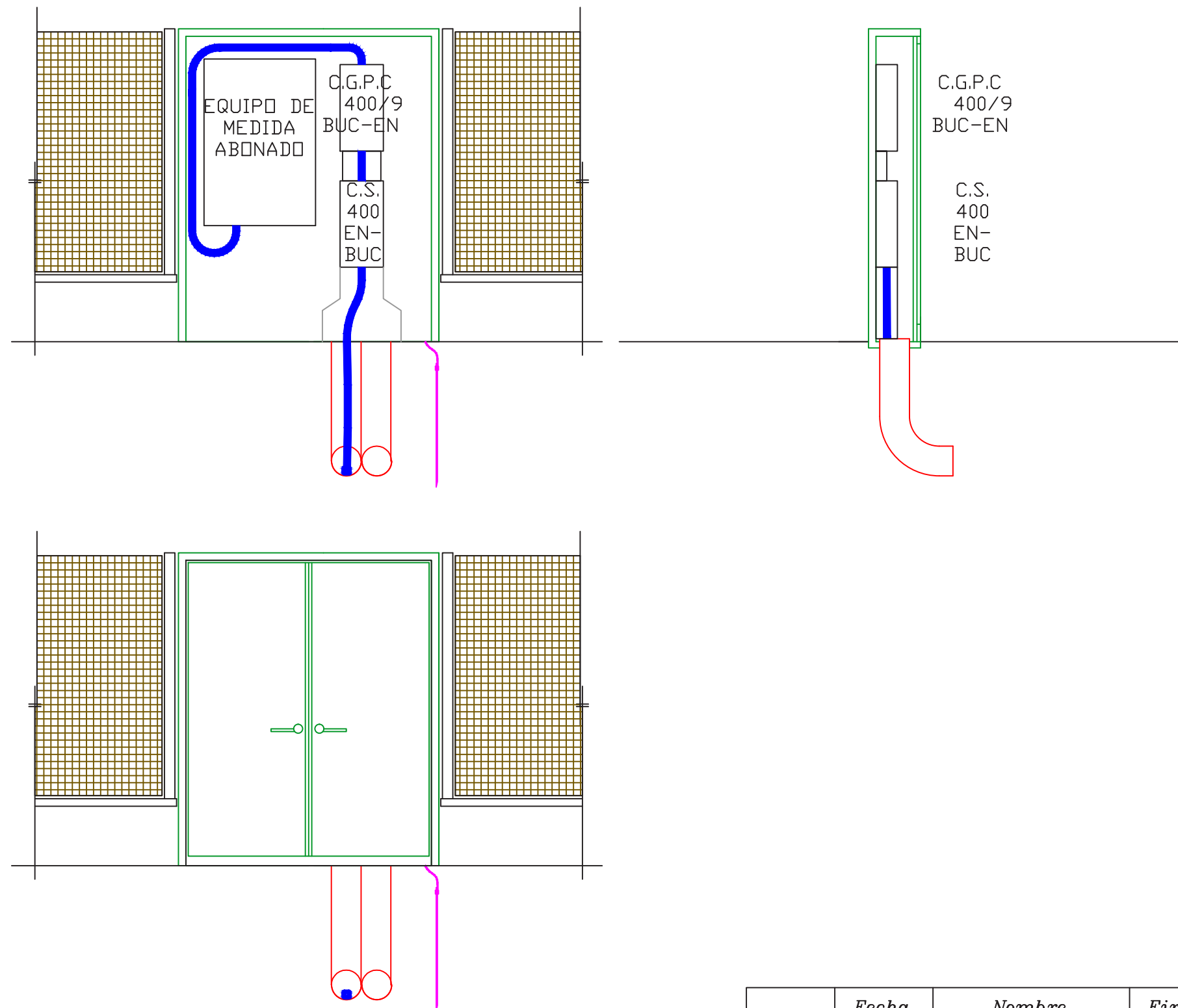


CINTA SEÑALIZACION PE, PARA ZANJAS  
DE CABLE SUBTERRANEO

SIN ESCALA

UNIDADES EN METROS

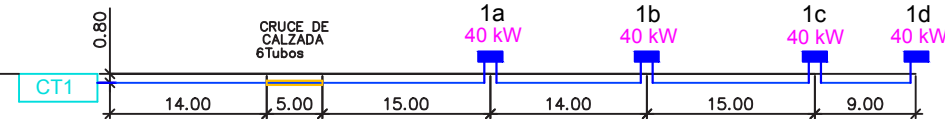
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	DETALLES ZANJAS BT			Plano nº
1:20				4.02



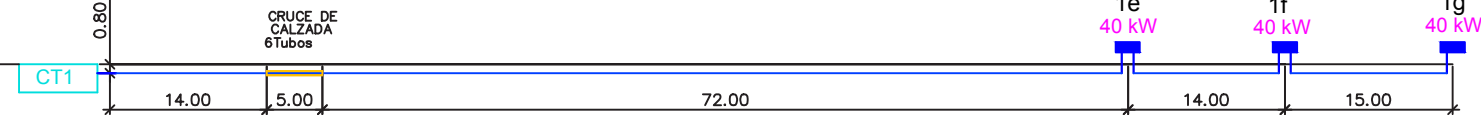
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	DETALLE CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN			Plano nº 4.03
S.E.				



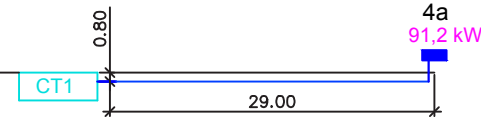
CENTRO DE TRANSFORMACION N°1



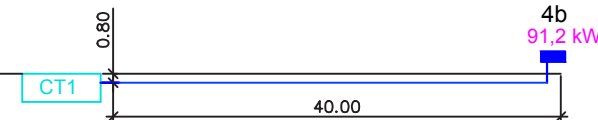
T1-L1.1  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



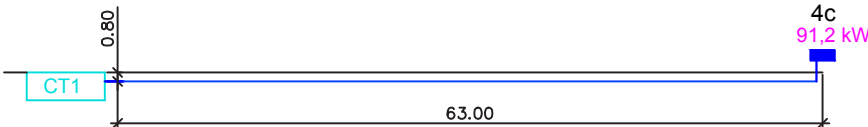
T1-L1.2  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



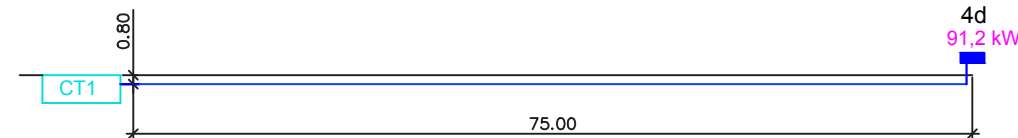
T1-L1.3  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



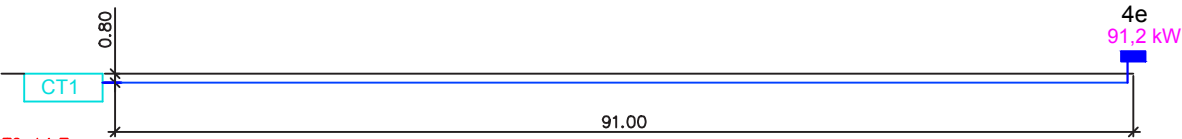
T1-L1.4  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



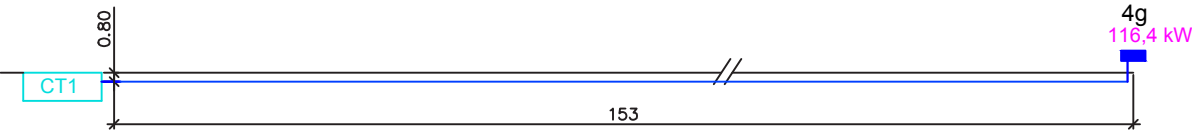
T1-L1.5  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



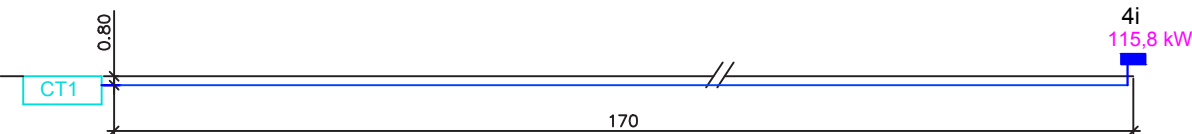
T2-L1.6  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



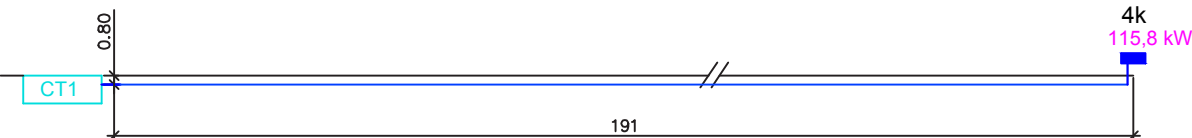
T2-L1.7  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



T2-L1.8  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



T2-L1.9  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)

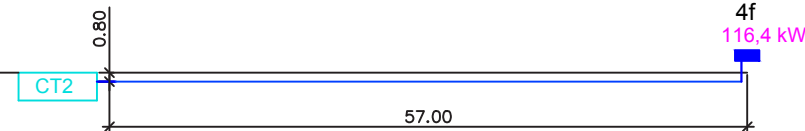


T2-L1.10  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)

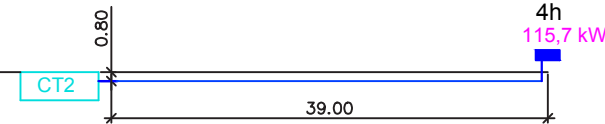
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id. s. normas				
Escala:	S. E. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS BT CT 1			Plano nº
				4.04



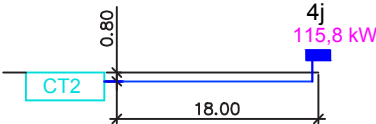
CENTRO DE TRANSFORMACION N°2



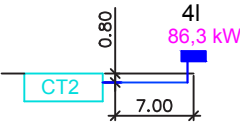
T1-L2.1  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



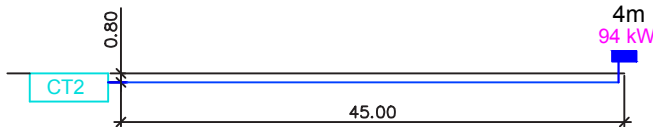
T1-L2.2  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



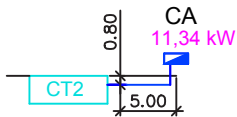
T1-L2.3  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



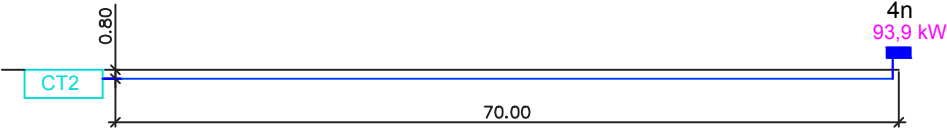
T1-L2.4  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



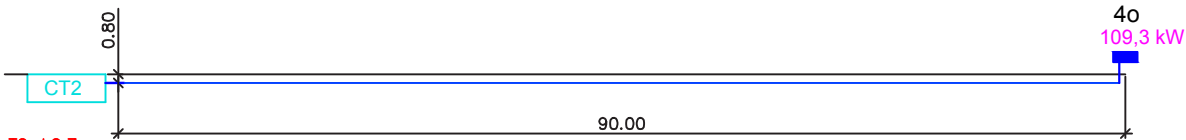
T1-L2.5  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



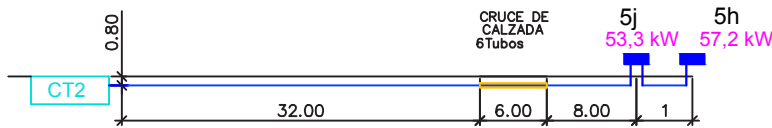
T2-Cuadro de Alumbrado  
LINEA SUBTERRANEA  
Cable tetrapolar cobre 6 mm2



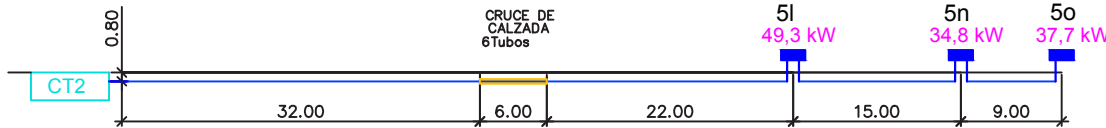
T2-L2.6  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



T2-L2.7  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



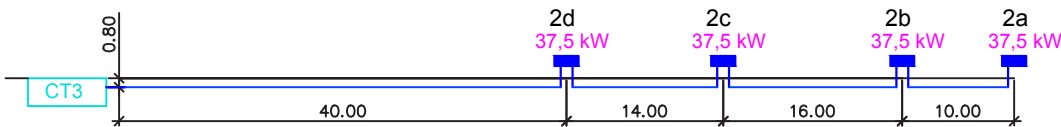
T2-L2.8  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



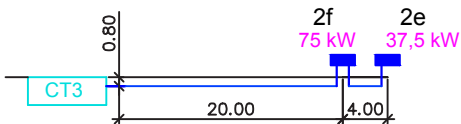
T2-L2.9  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	S.E. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS BT CT 2			Plano n° 4.05

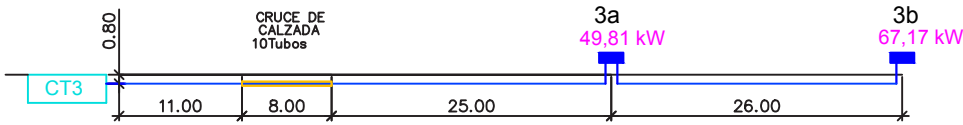
CENTRO DE TRANSFORMACION N°3



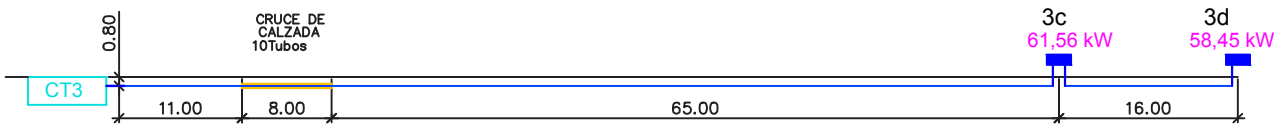
T1-L3.1  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



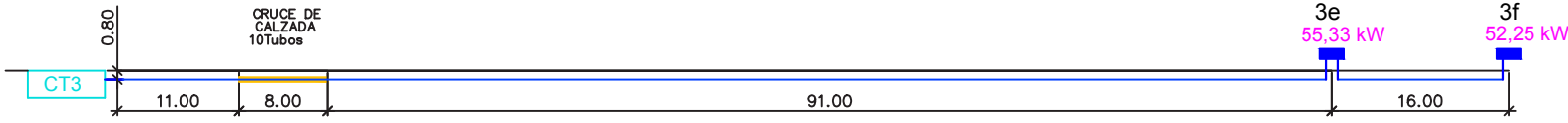
T1-L3.2  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



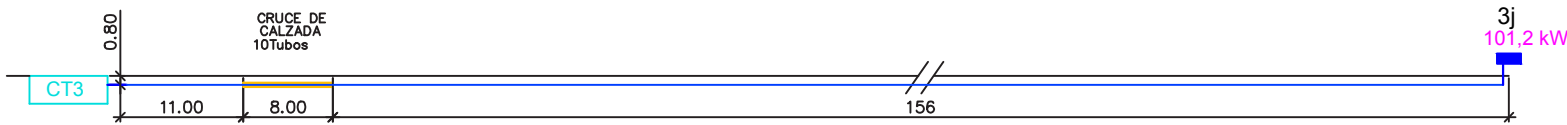
T1-L3.3  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



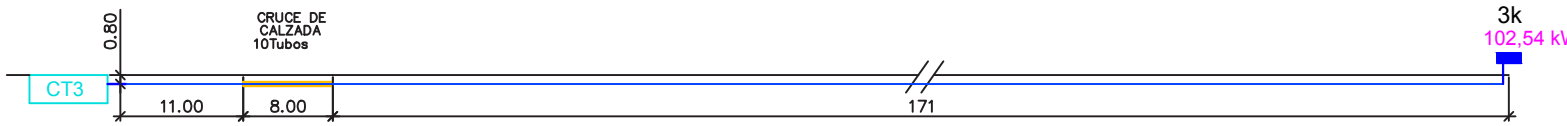
T1-L3.4  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



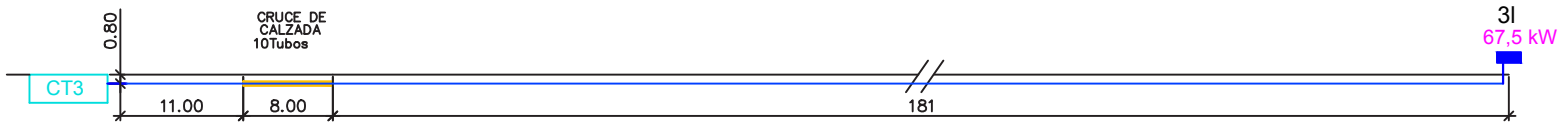
T1-L3.5  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



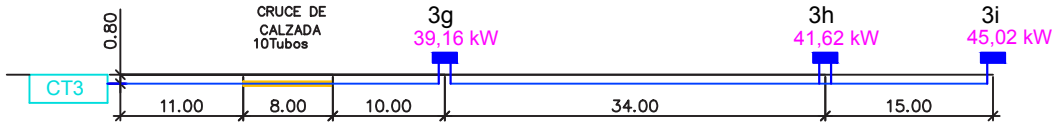
T2-L3.6  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



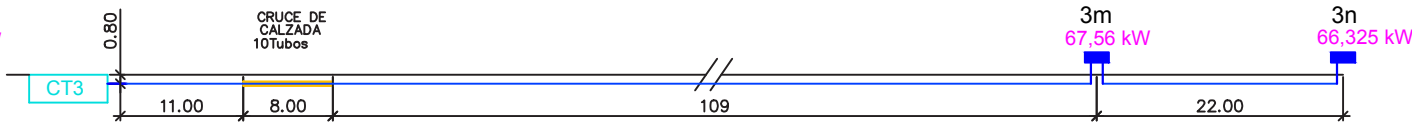
T2-L3.7  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



T2-L3.8  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)



T2-L3.9  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)

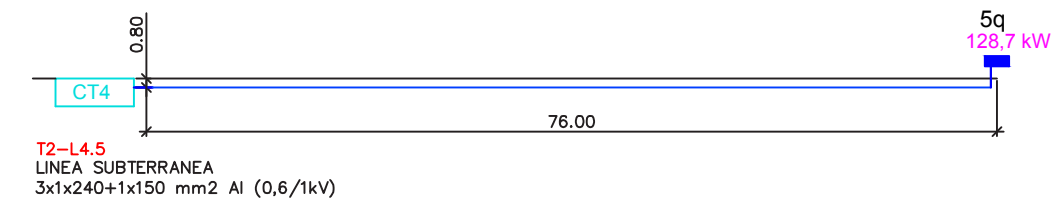
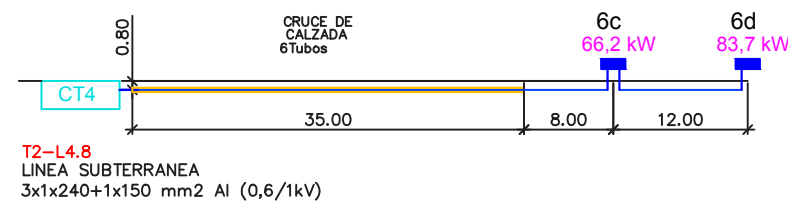
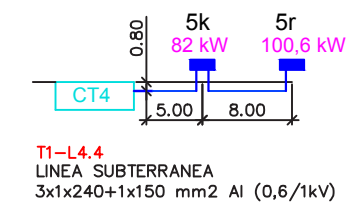
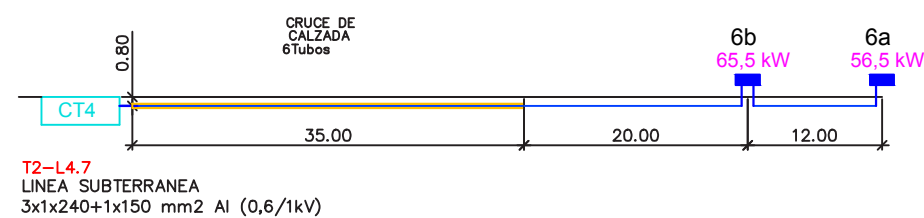
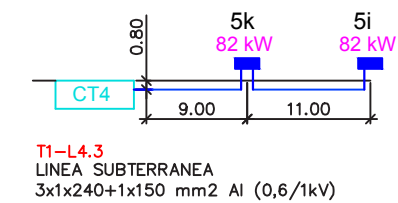
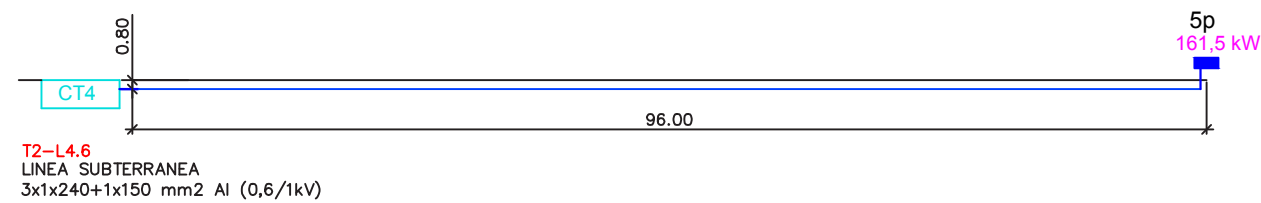
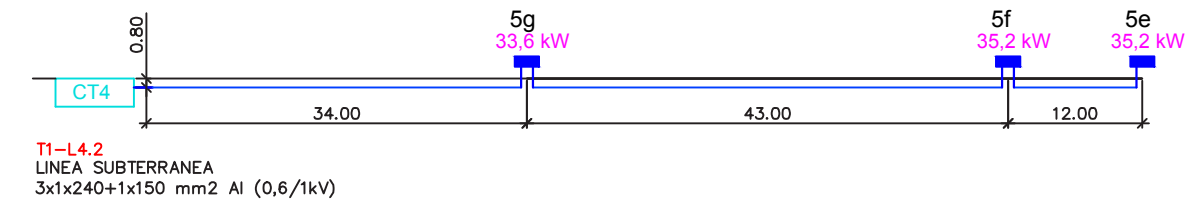
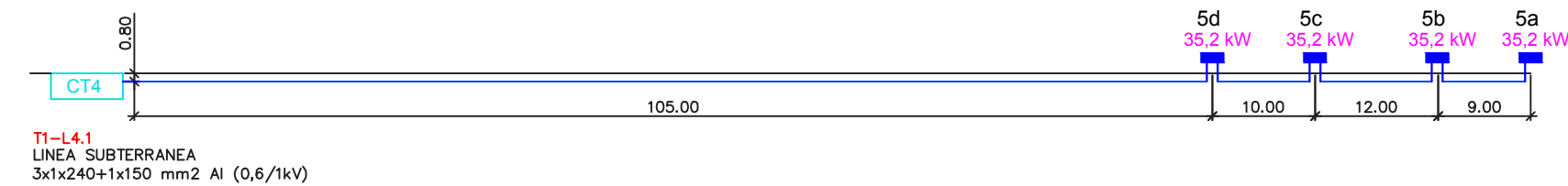


T2-L3.10  
LINEA SUBTERRANEA  
3x1x240+1x150 mm2 Al (0,6/1kV)

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id. s. normas				
Escala:	S.E. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS BT CT 3			Plano nº
				4.06



CENTRO DE TRANSFORMACION N°4



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id. s. normas				
Escala:	S.E. ESQUEMA UNIFILIAR LÍNEAS BT CT 4			Plano nº
				4.07

## **5. RED DE ALUMBRADO**

**5.1. PLANO GENERAL RED DE ALUMBRADO: CABLES**

**5.2. PLANO GENERAL RED DE ALUMBRADO: ZANJAS**

**5.3. DETALLE ZANJAS ALUMBRADO BAJO ACERA**

**5.4. DETALLE ZANJAS ALUMBRADO BAJO CALZADA**

**5.5. DETALLA ARQUETAS, PUESTA A TIERRA, EMPALMES,  
DERIVACIONES, MARCOS Y TAPAS**

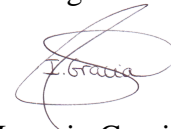
**5.6. DETALLE COLUMNA Y CIMENTACIÓN**

**5.7. DETALLE CUADRO DE ALUMBRADO**

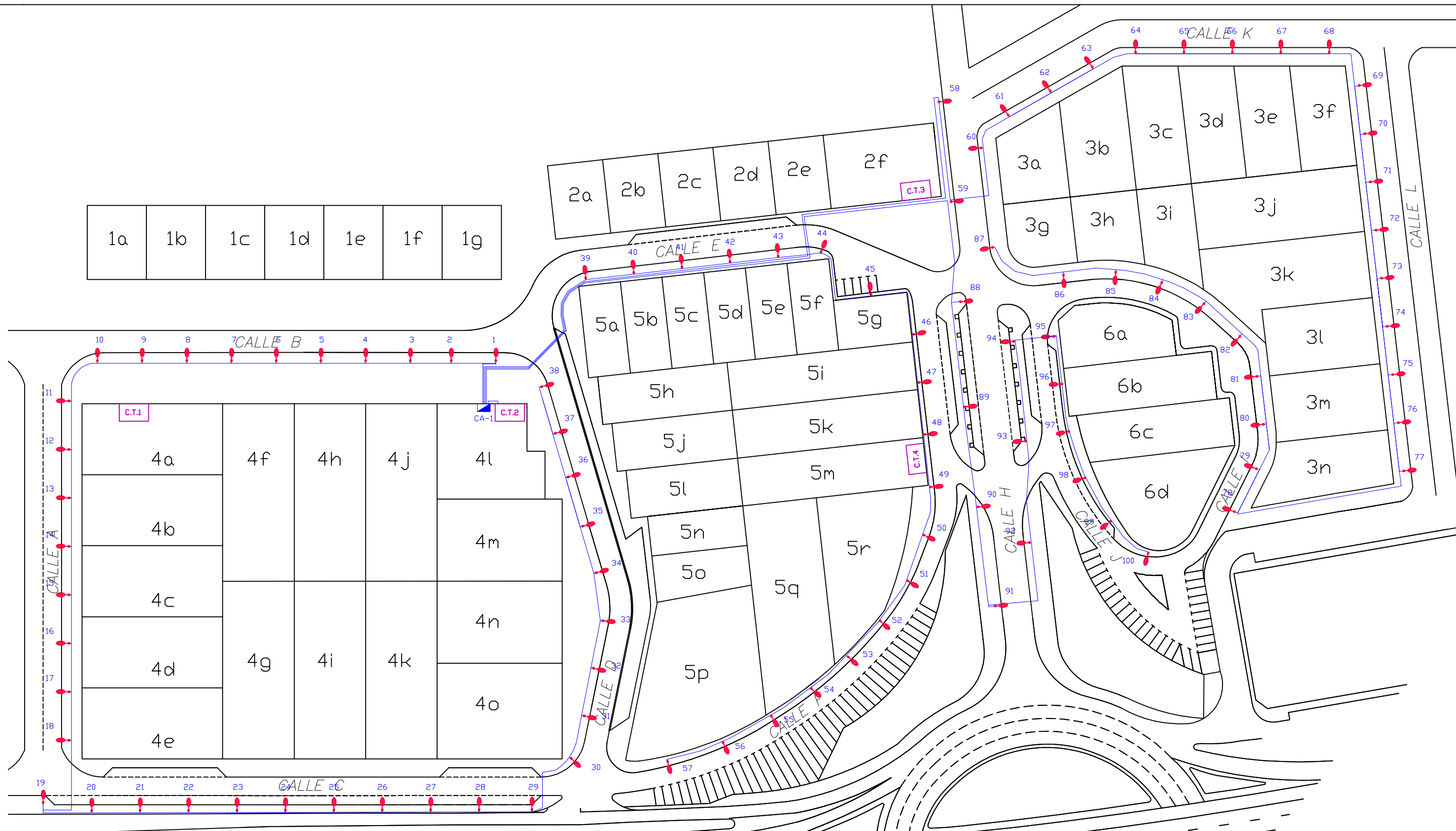
**5.8. ESQUEMA UNIFILIAR DE POTENCIA CUADRO DE MANDO**

**5.9. ESQUEMA UNIFILIAR DE MANDO CUADRO DE MANDO**

Zaragoza, julio de 2015  
El Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales



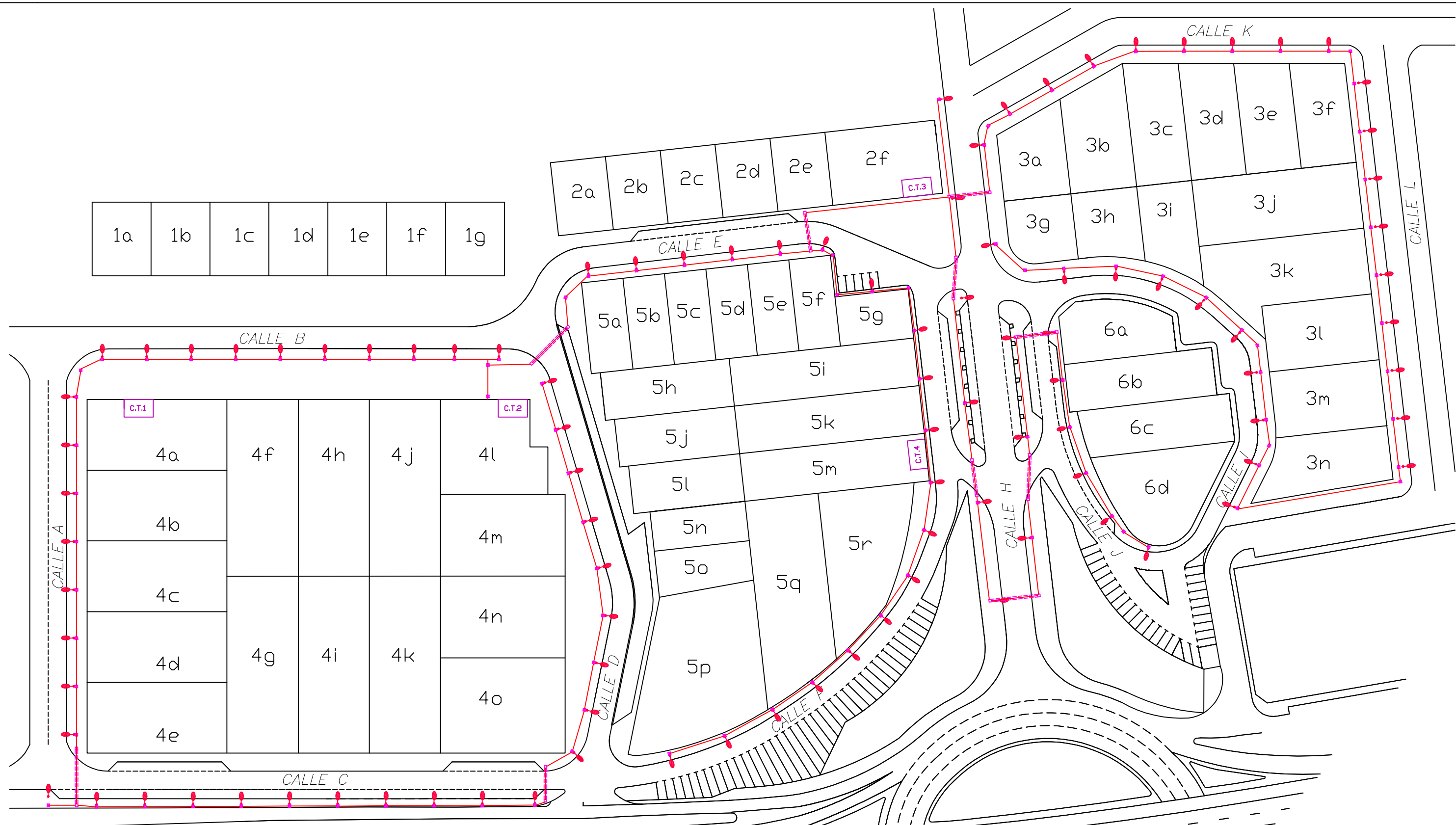
Fdo: Ignacio Gracia Subira



LEYENDA	
	Luminaria Phillips SGS 452
	Conductor cobre tetrapolar 6 mm²
	Cuadro de Alumbrado

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	PLANO GENERAL RED ALUMBRADO: CABLES			Plano n° 5.01
1:1000				

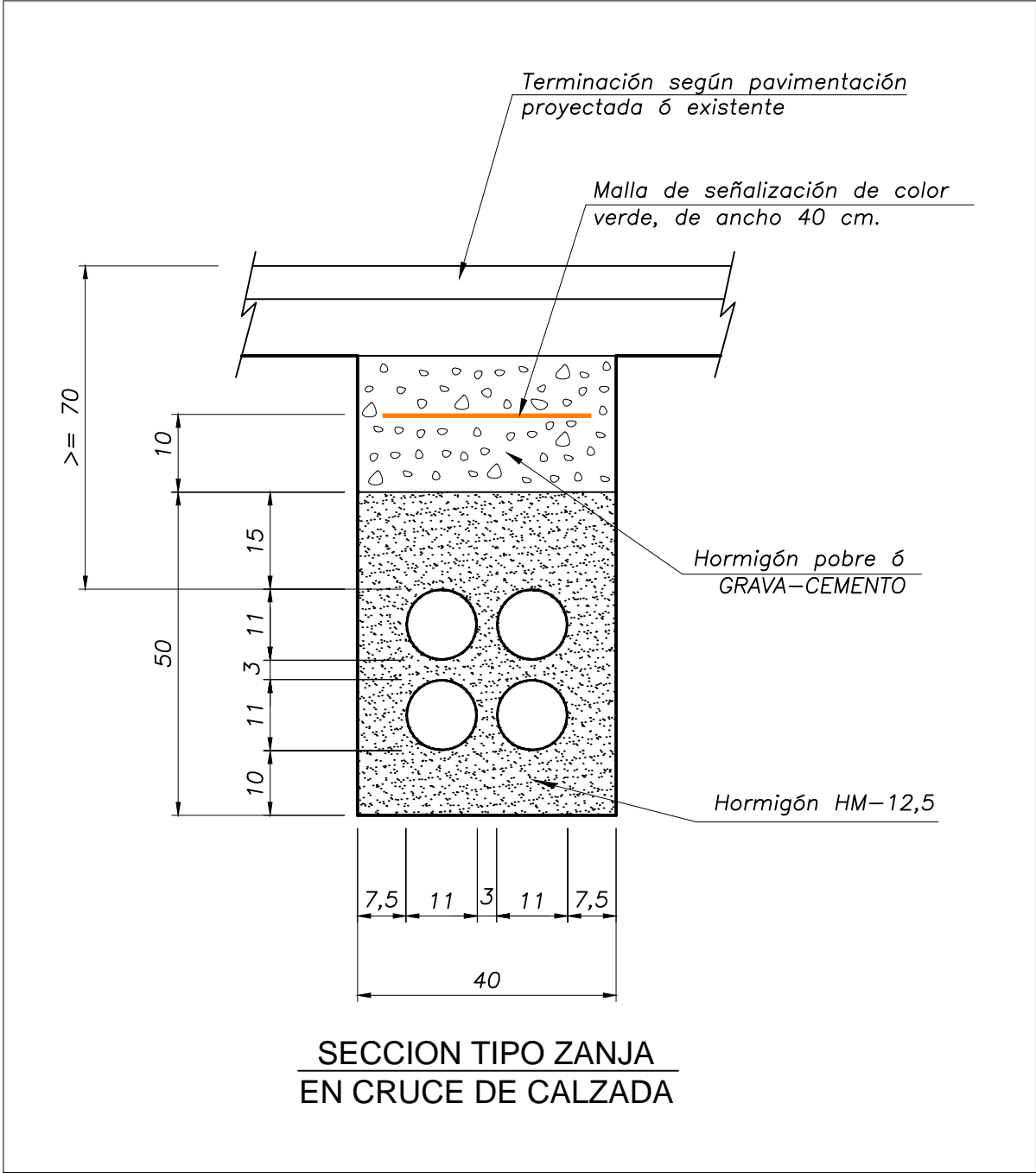




LEYENDA	
	ZANJA BAJO ACERA
	ZANJA BAJO CALZADA
	ARQUETA ALUMBRADO
	ARQUETA CRUCE DE CALZADA

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	PLANO GENERAL RED ALUMBRADO: ZANJAS			Plano n° 5.02
1:1000				





UNIDADES EN CM

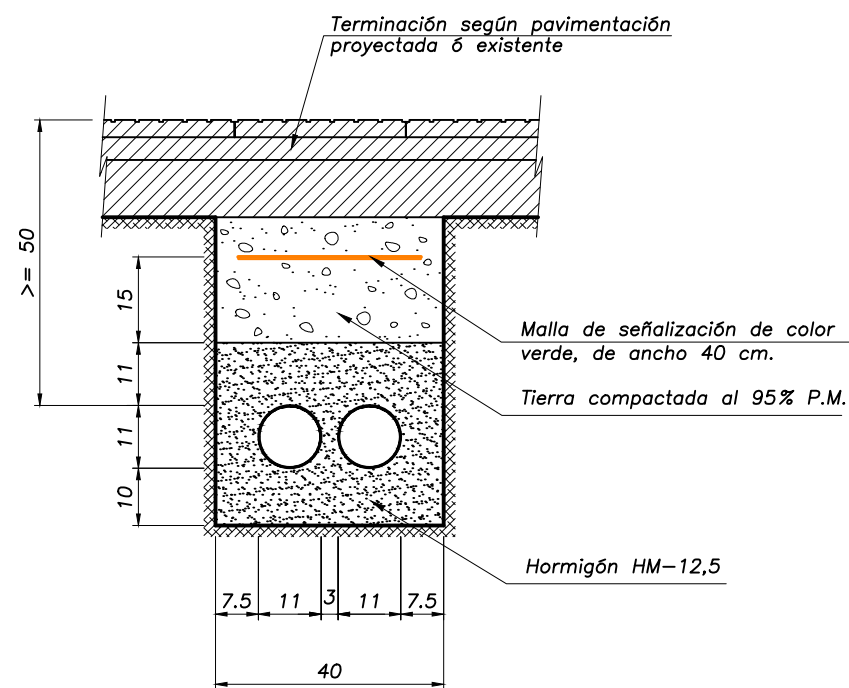
TUBOS PVC-U LISO ø110 mm. Y 2,7 mm. DE ESPESOR PN-6 SEGUN UNE-EN-1452

6

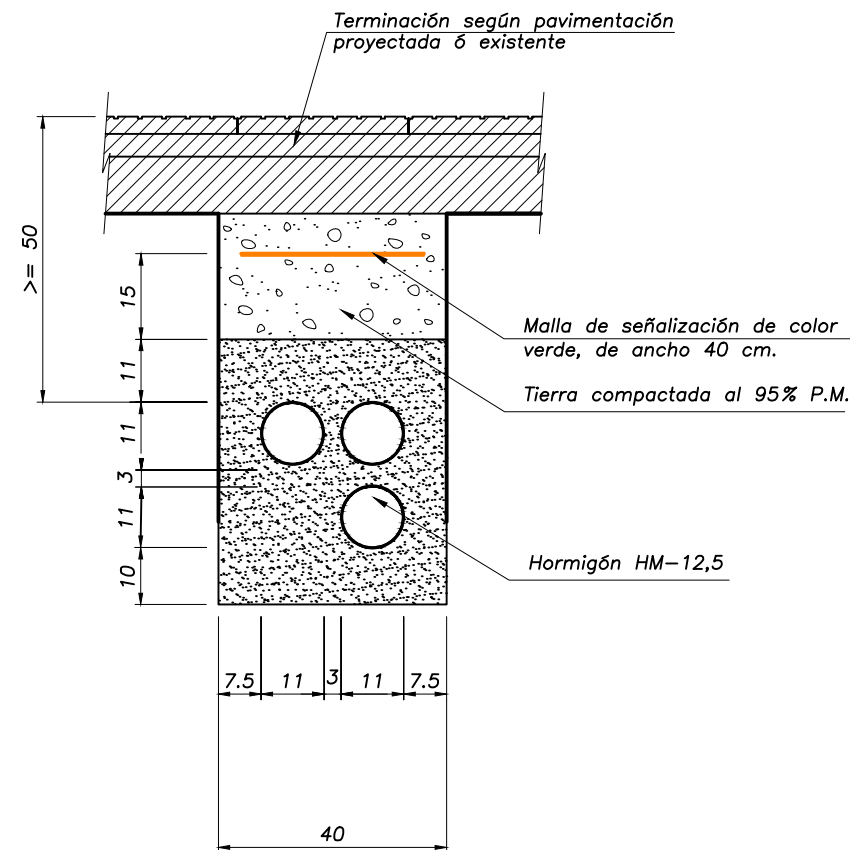
TUBOS DOBLE PARED CORRUGADO EN EXTERIOR Y LISO EN INTERIOR ø110 mm. SEGUN UNE-EN-50086.2.4-N

LOS TUBOS LLEVARAN SEPARADORES DE P.V.C. CADA 100 cm.

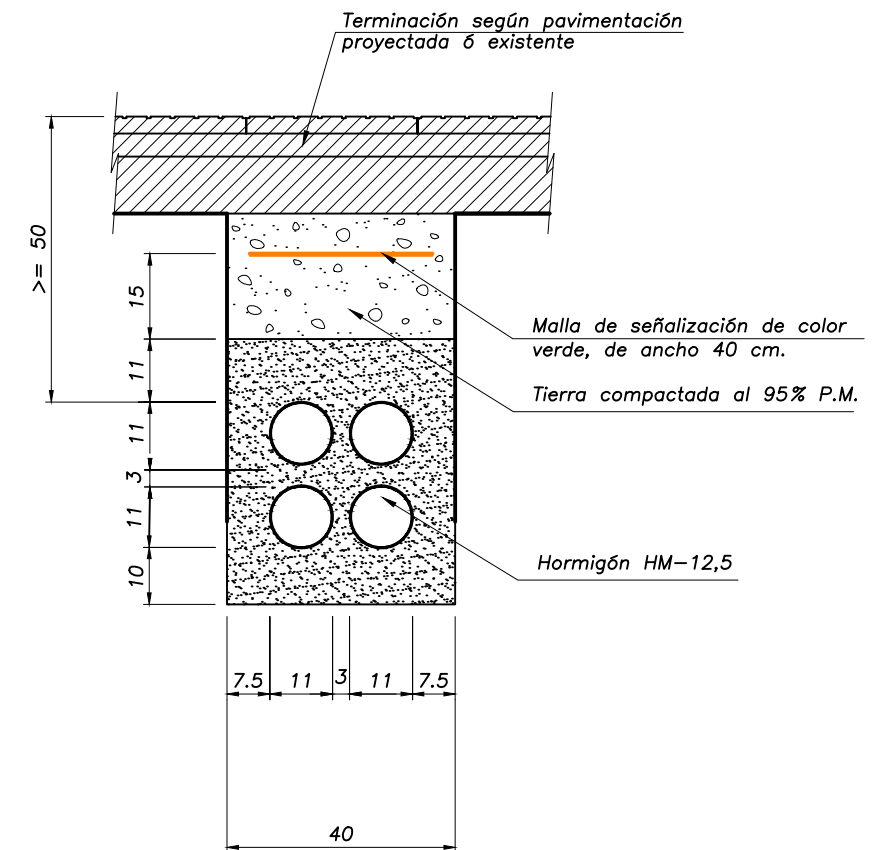
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	DETALLE ZANJAS ALUMBRADO CRUCE CALZADA			Plano nº 5.03
S.E.				



SECCION TIPO ZANJA  
EN ACERA Y ZONA AJARDINADA



SECCION TIPO ZANJA  
EN ACERA Y ZONA AJARDINADA



SECCION TIPO ZANJA  
EN ACERA Y ZONA AJARDINADA


UNIDADES EN CM

TUBOS PVC-U LISO  $\phi 110$  mm. Y 2,7 mm. DE ESPESOR  
PN-6 SEGUN UNE-EN-1452

6

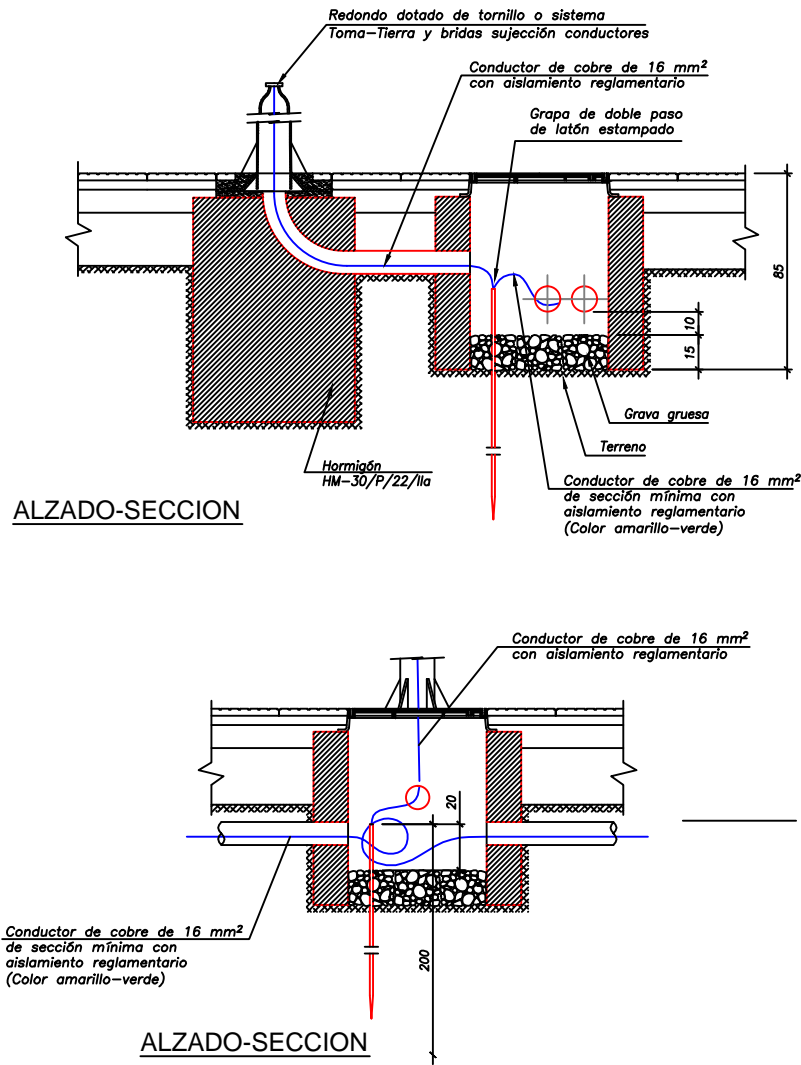
TUBOS DOBLE PARED CORRUGADO EN EXTERIOR Y LISO EN INTERIOR  $\phi 110$  mm.  
SEGUN UNE-EN-50086.2.4-N

LOS TUBOS LLEVARAN SEPARADORES DE P.V.C.

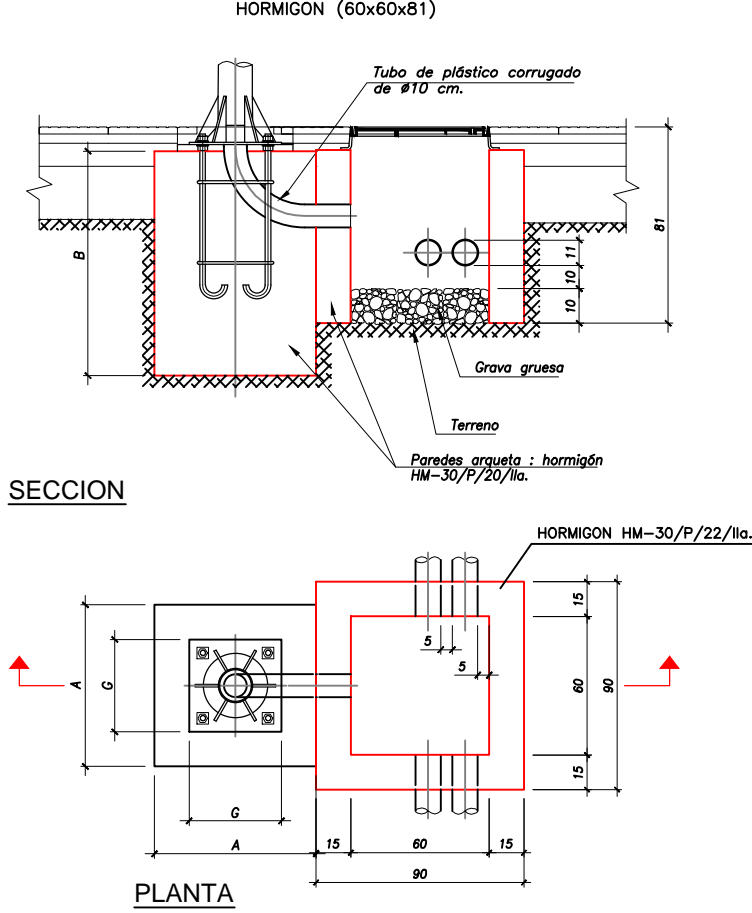
	Fecha	Nombre	Firma:	<p>ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p> 
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
<p>Escala:</p> <p>S.E.</p>	<p>DETALLE ZANJAS ALUMBRADO BAJO ACERA</p>			<p>Plano n°</p> <p>5.04</p>



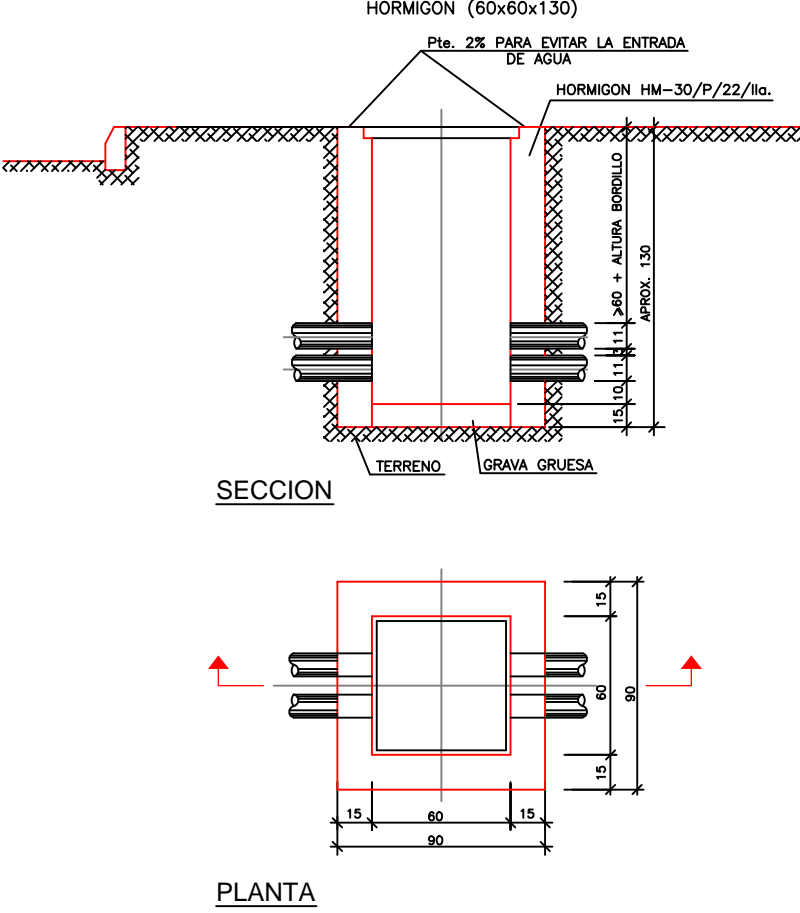
PUESTA A TIERRA DE SOPORTES



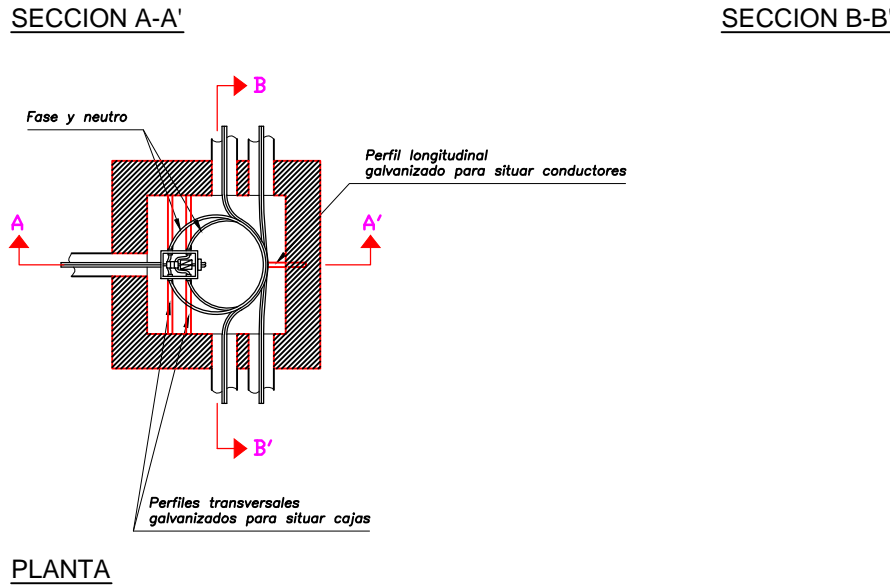
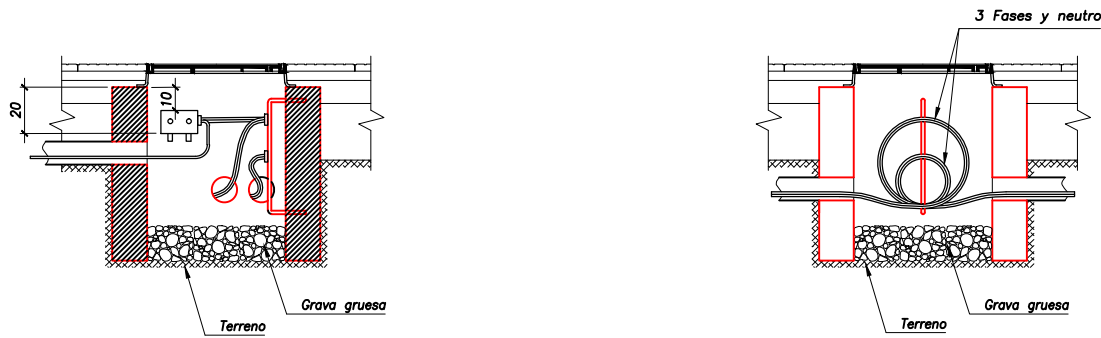
ARQUETA DERIVACION



ARQUETA DE CRUCE

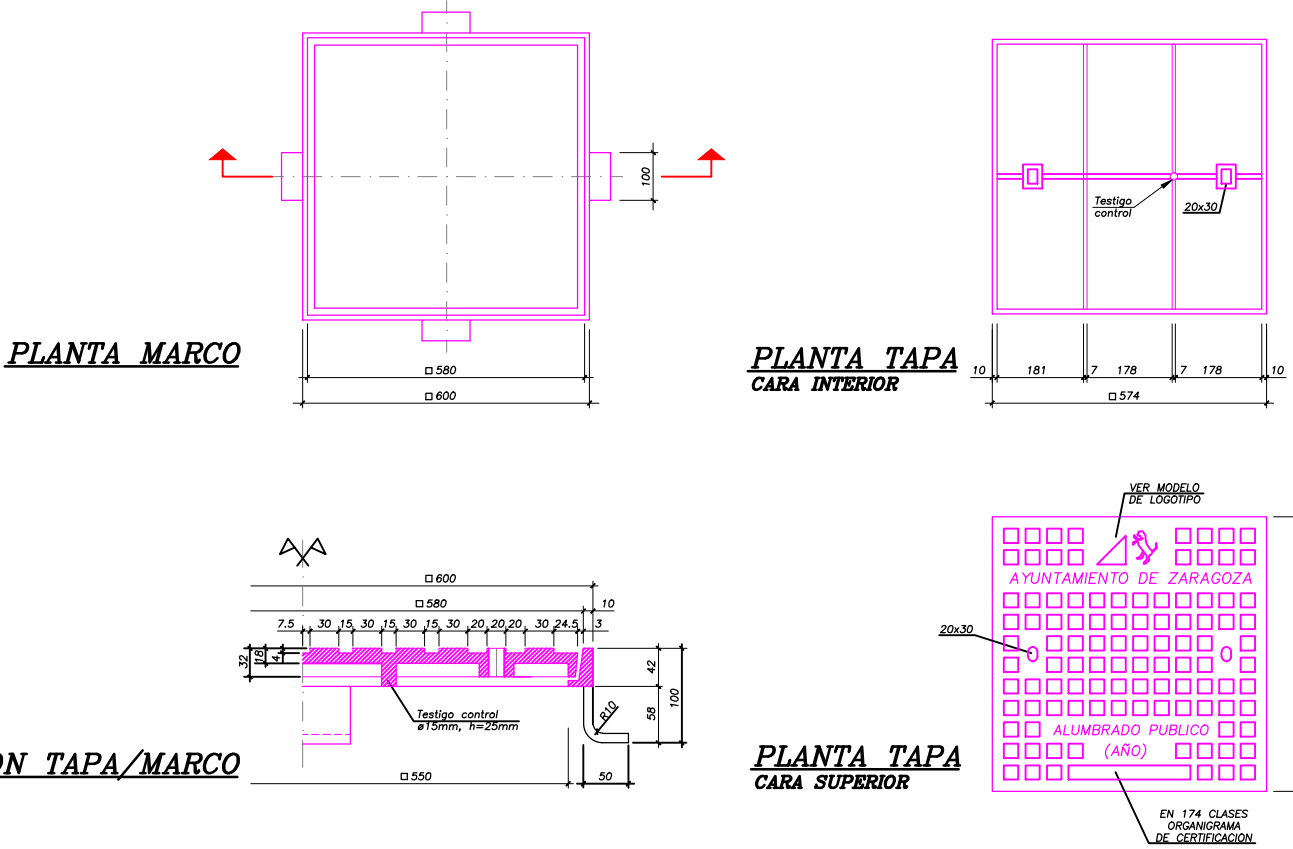


EMPALMES Y DERIVACIONES (OBRA ELECTRICA)



- PAREDES ARQUETAS: Hormigón HM-30/P/22/IIa
- ELECTRODO PUESTA A TIERRA: Pica de Cu. o acero recubierto de Cu. Ø14mm, longitud=2,00m
- LA RESISTENCIA DE PASO SEHA INFERIOR A 10 Ohm.

MARCO Y TAPA DE ARQUETA DE 60x60 cm.



- NOTAS:
- PESO MINIMO TAPA: 36,8 Kg.
- PESO MINIMO MARCO: 11,2 Kg.
- CARGA ROTURA: 25.-Tm.
- COTAS EN mm.
- NORMA: EN-124/CLASE C-250
- CALIDAD UNE: 36-118-73
- MATERIAL: FGE-42-12
- FGE-50-7

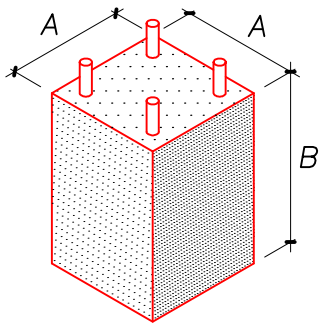
Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira	
Comprobado			
id.s.normas			
Escala:	DETALLES ARQUETAS, PUESTA A TIERRA, EMPALMES Y TAPA		Plano nº 5.05

CIMENTACION COLUMNA

CIMENTACIONES

h	10
AxA	0,9x0,9
B	1,2

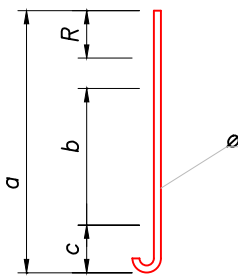
UNIDADES EN METROS



PERNOS

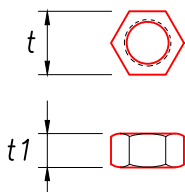
h	10
a	900
ø	27
R	110
b	350
c	150

UNIDADES EN MILÍMETROS



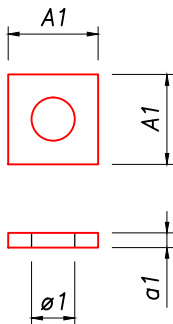
TUERCAS

h	10
t	40
t1	21,5



ARANDELAS

h	10
A1	60
a1	8
ø1	27,5

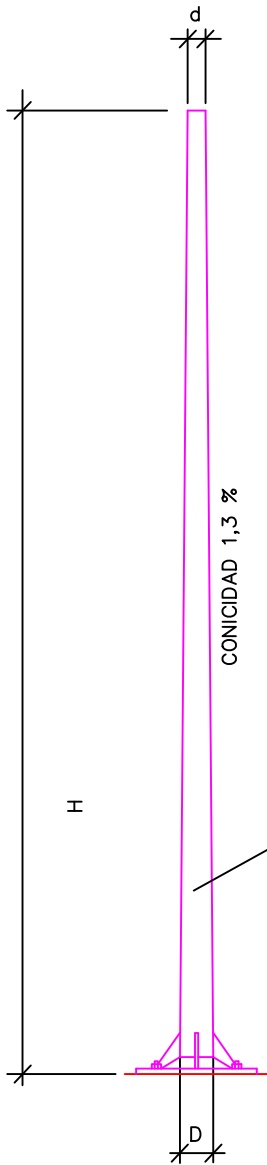


h Altura de la columna en metros  
a Longitud del perno  
ø Diámetro del perno  
R Longitud del perno con roscado métrico  
c Distancia desde la parte inferior del perno al zunchado inferior  
b Distancia del zunchado inferior al superior  
t Distancia entre caras de la tuerca métrica  
t1 Altura de la tuerca métrica  
A1 Lado de la arandela  
a1 Espesor de la arandela  
ø1 Diámetro de la arandela

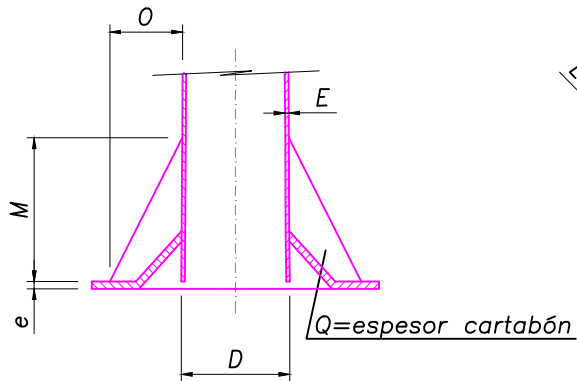
COLUMNAS

H	D	d	E	e	F	G	LxK	M	□	Q	Z
(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(ud.)
10	206	76	4	14	380	500	33x50	250	120	10	6

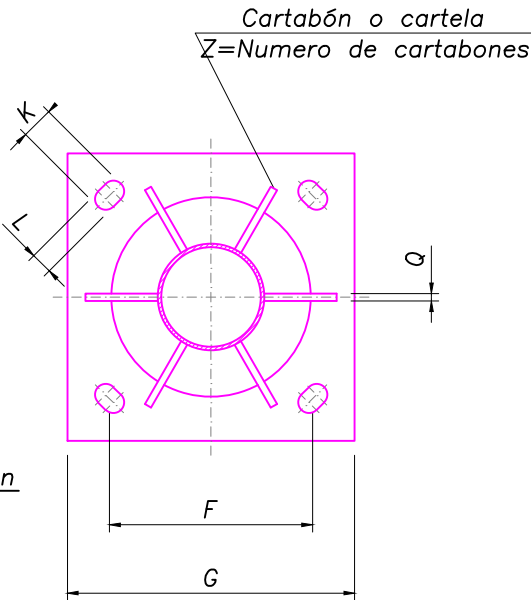
Z = N° de cartabones o cartelas



Protección interior  
contra la corrosión



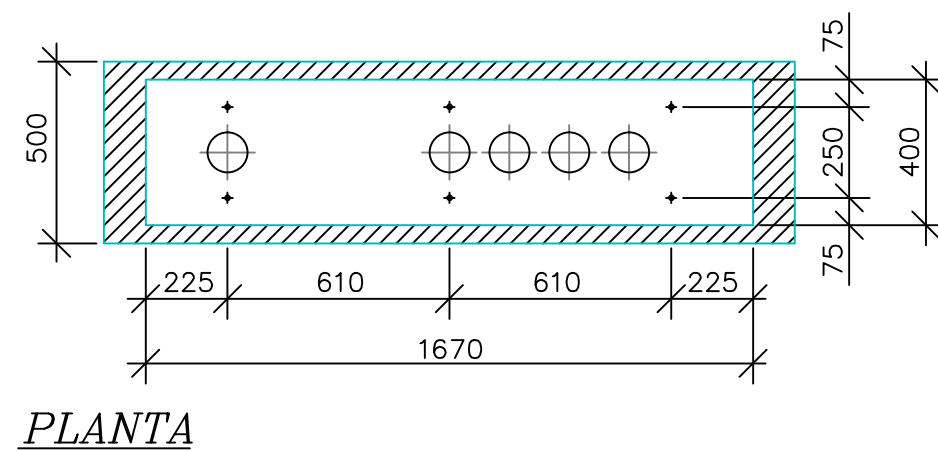
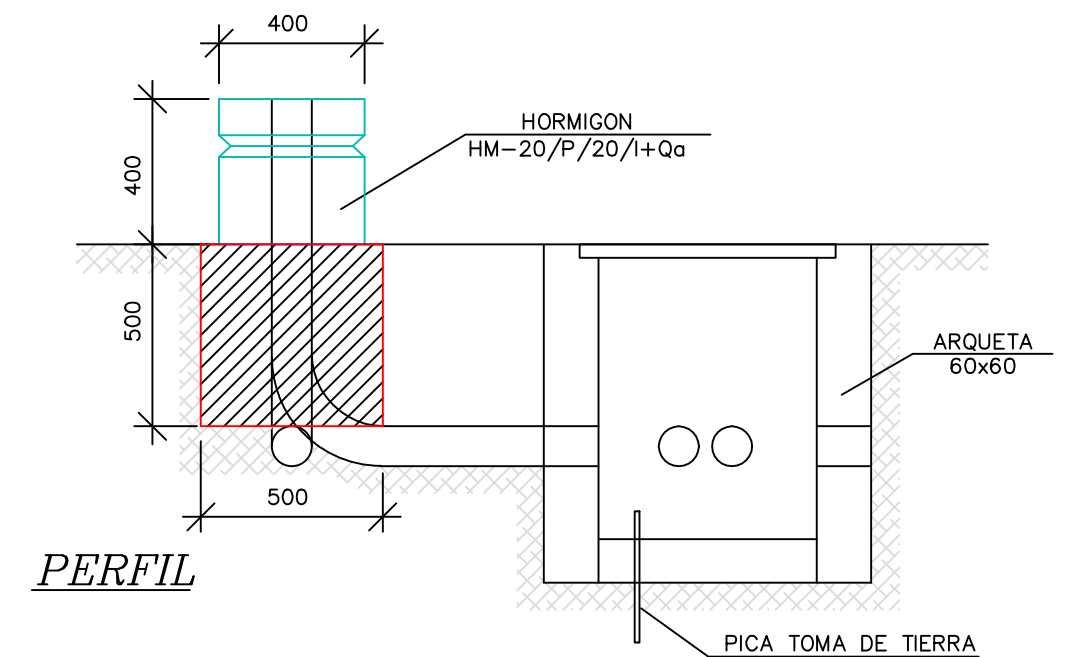
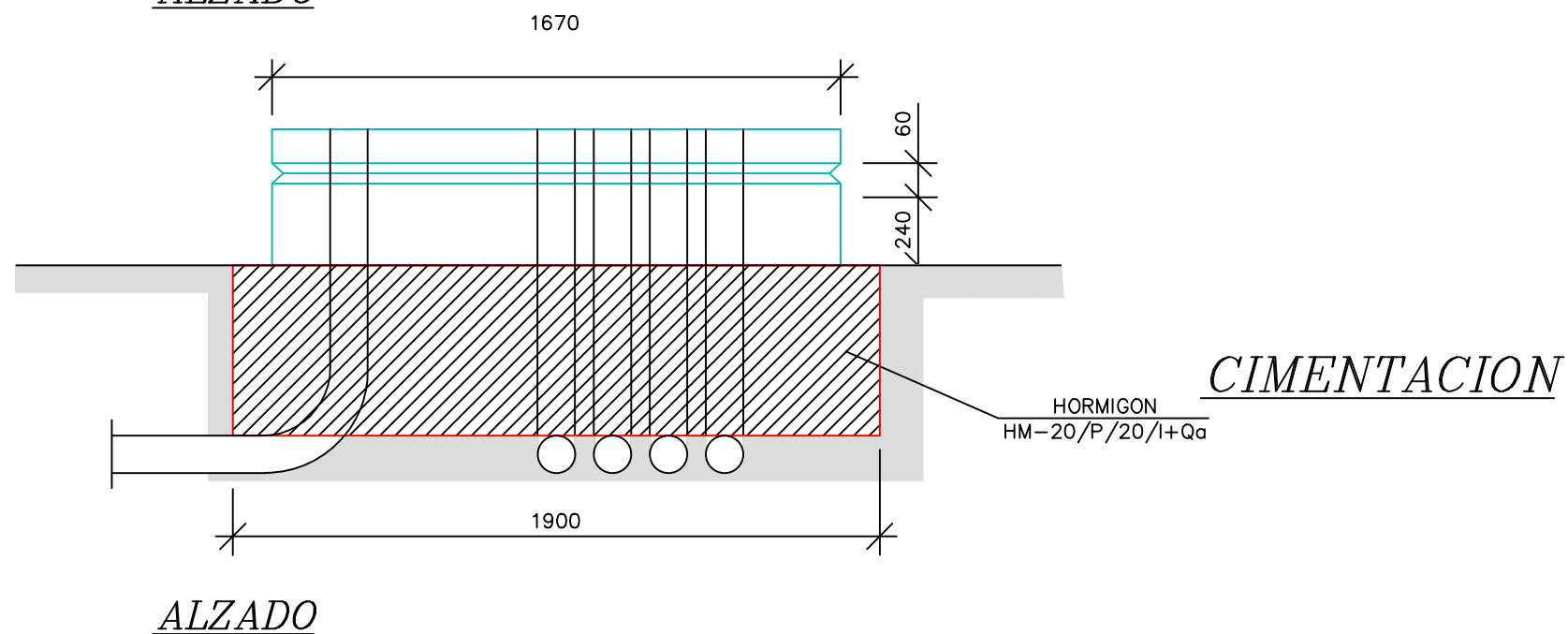
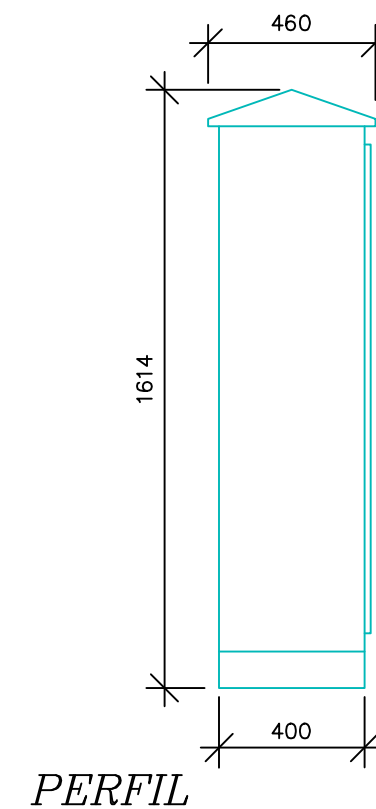
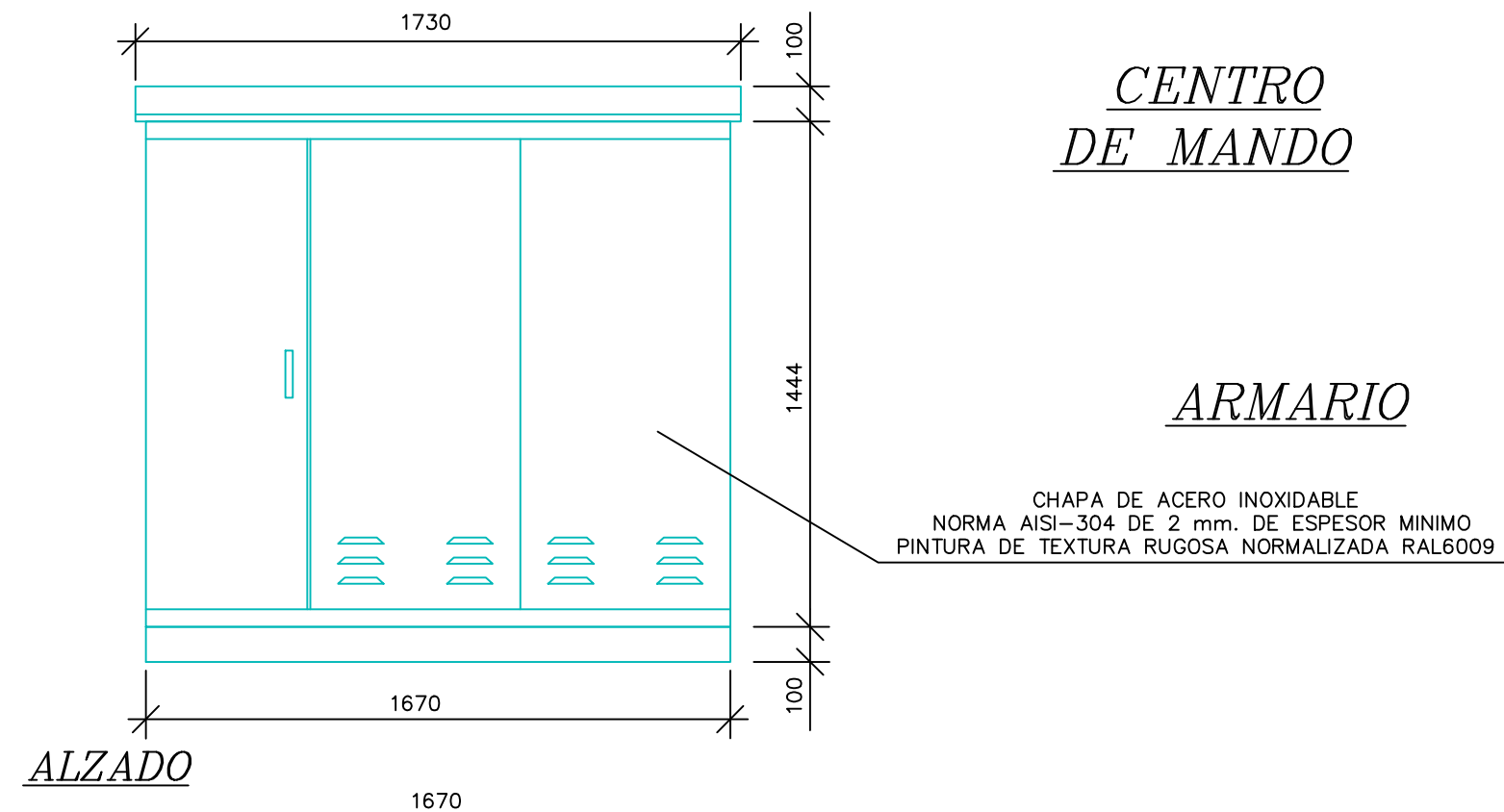
Q=espesor cartabón



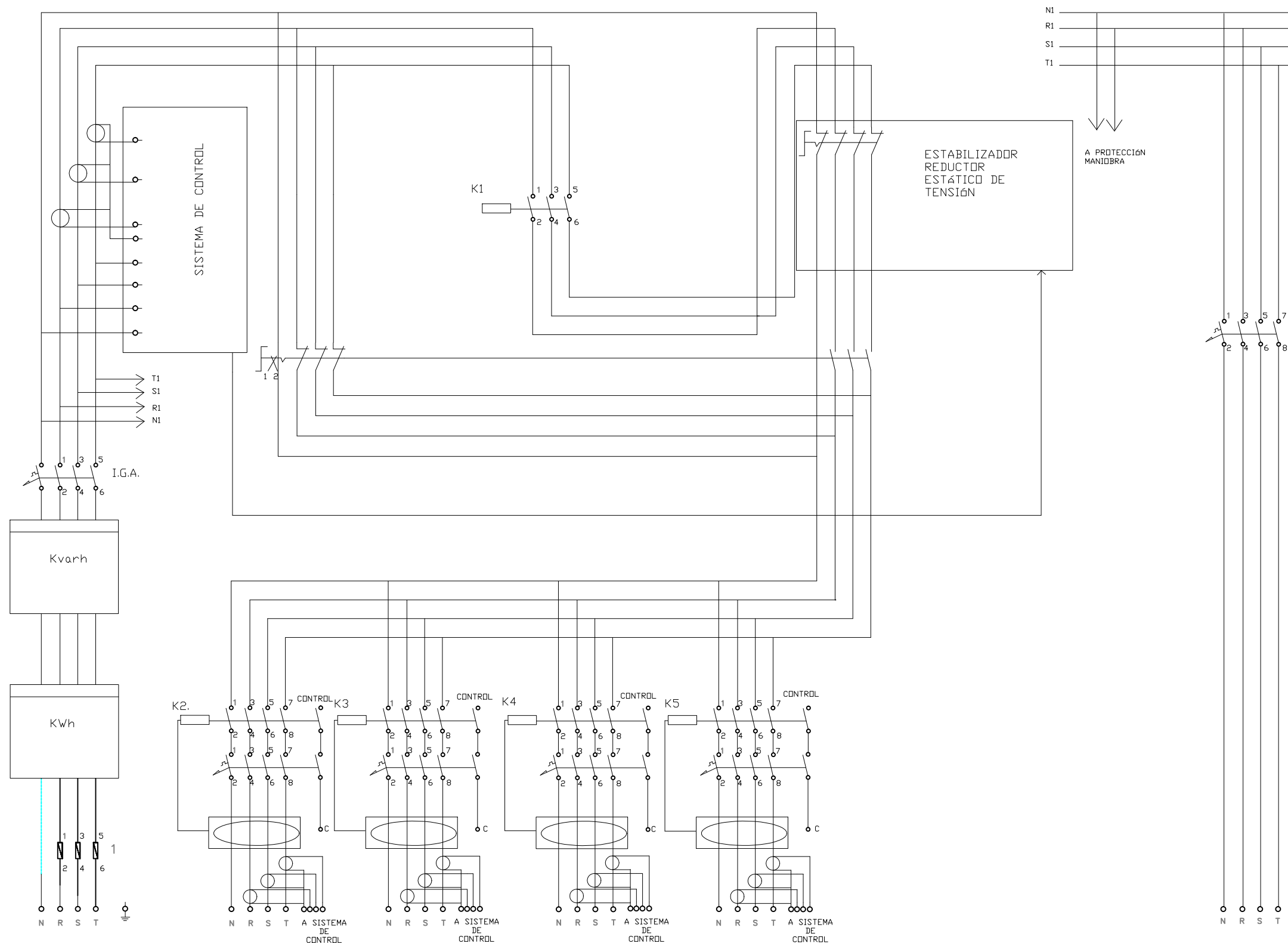
Cartabón o cartela  
Z=Numero de cartabones

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA 
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	DETALLES COLUMNA			Plano n°
S. E.				5.06

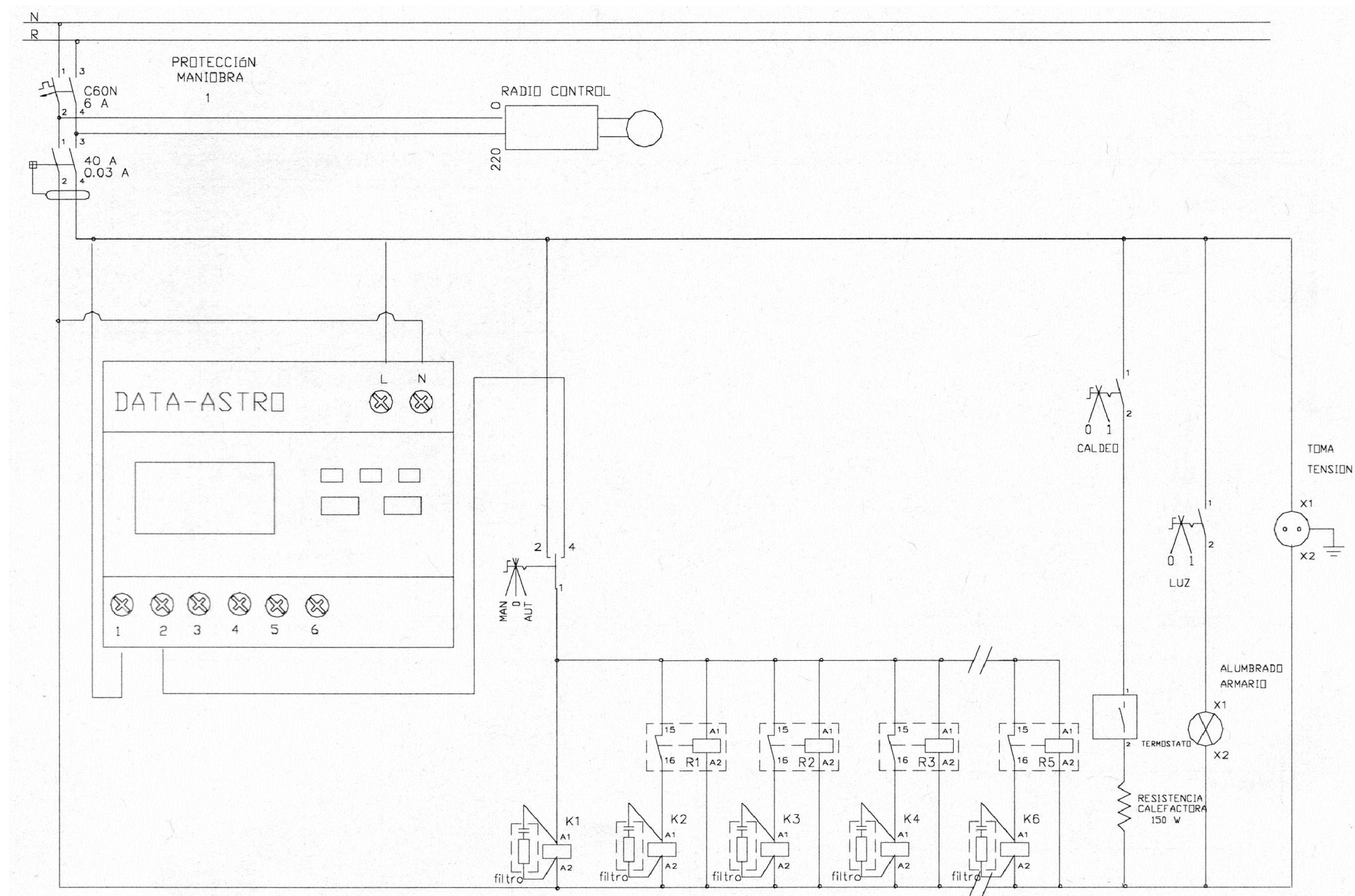




	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	DETALLE CUADRO DE ALUMBRADO			Plano n° 5.07
S.E.				



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:  S.E.	ESQUEMA UNIFILIAR DE POTENCIA CUADRO DE ALUMBRADO			Plano nº  5.08



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Dibujado	JULIO 2015	I. Gracia Subira		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala: S.E.	ESQUEMA UNIFILIAR DE MANDO CUADRO DE ALUMBRADO			Plano nº  5.09

# PLIEGO DE CONDICIONES

---

## ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

---

<b>1. CONDICIONES GENERALES.....</b>	<b>163</b>
1.1. OBJETO.....	163
1.2. DISPOSICIONES GENERALES .....	163
1.2.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES .....	163
1.2.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO .....	164
1.2.3. SEGURIDAD PÚBLICA .....	164
1.2.4. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL.....	165
1.3. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	165
1.3.1. DATOS DE LA OBRA.....	165
1.3.2. REPLANTEO DE LA OBRA.....	165
1.3.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO .....	166
1.3.4. RECEPCIÓN DEL MATERIAL .....	166
1.3.5. ORGANIZACIÓN .....	166
1.3.6. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	166
1.3.7. PLAZO DE EJECUCIÓN .....	167
1.3.8. RECEPCIÓN PROVISIONAL.....	167
1.3.9. PERIODOS DE GARANTÍA .....	168
1.3.10. RECEPCIÓN DEFINITIVA.....	168
1.3.11. PAGO DE OBRAS .....	168
1.3.12. ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS .....	168
1.4. DISPOSICIONES FINALES.....	169
<b>2. CONDICIONES PARA LA OBRA CIVIL Y MONTAJE DE LÍNEAS ELÉCTRICAS DE MEDIA TENSIÓN CON CONDUCTORES AISLADOS .....</b>	<b>170</b>
2.1. OBJETO.....	170
2.2. PREPARACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA OBRA .....	170
2.3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	170
2.3.1. TRAZADO.....	170
2.3.2. ZANJAS .....	170
2.3.3. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS .....	175
2.3.4. CANALIZACIONES.....	176
2.3.5. TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES .....	178
2.3.6. TENDIDO DE CABLES.....	178
2.3.7. EMPALMES.....	181
2.3.8. BOTELLAS TERMINALES.....	182
<b>3. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA OBRA CIVIL E INSTALACIÓN DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS .....</b>	<b>183</b>
3.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES .....	183

3.1.1.	Obra civil .....	183
3.1.2.	APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN .....	183
3.1.3.	TRANSFORMADORES DE POTENCIA .....	183
3.1.4.	EQUIPOS DE MEDIDA.....	184
<b>3.2.</b>	<b>NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....</b>	<b>185</b>
<b>3.3.</b>	<b>PRUEBAS REGLAMENTARIAS.....</b>	<b>185</b>
<b>3.4.</b>	<b>CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD .....</b>	<b>185</b>
<b>3.5.</b>	<b>CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN .....</b>	<b>185</b>
<b>3.6.</b>	<b>LIBRO DE ORDENES .....</b>	<b>186</b>
<b>4.</b>	<b>CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN DE REDES SUBTERRÁNEAS DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN.....</b>	<b>187</b>
<b>4.1.</b>	<b>OBJETO.....</b>	<b>187</b>
<b>4.2.</b>	<b>EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....</b>	<b>187</b>
4.2.1.	TRAZADO.....	187
4.2.2.	APERTURA DE ZANJAS.....	187
4.2.3.	CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS .....	188
4.2.4.	CANALIZACIONES.....	189
4.2.5.	ARQUETAS DE REGISTRO .....	191
4.2.6.	TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLE.....	192
4.2.7.	TENDIDO DE CABLES.....	192
4.2.8.	EMPALMES.....	194
4.2.9.	BOTELLAS TERMINALES.....	195
4.2.10.	SEÑALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN .....	195
4.2.11.	CIERRE DE ZANJAS .....	195
4.2.12.	REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS.....	195
<b>4.3.</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>196</b>
<b>4.4.</b>	<b>RECEPCIÓN DE OBRA.....</b>	<b>196</b>



## **1. CONDICIONES GENERALES**

### **1.1. OBJETO**

El presente Pliego de condiciones tiene como objeto establecer cuáles son los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de las obras del proyecto, así como las condiciones técnicas que han de cumplir los materiales empleados.

### **1.2. DISPOSICIONES GENERALES**

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. Deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondiente al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

#### **1.2.1. CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES**

Todas las obras del proyecto tanto lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones se ejecutarán cumpliendo las normas en su última edición o revisión que sean de aplicación.

Entre ellas se tendrán en cuenta:

- Decreto 3410/75, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de contratación del Estado.
- Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre sobre Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.
- ORDEN de 23 de diciembre de 2009, del Departamento de Industria, Comercio y Turismo, por la que se aprueban las Especificaciones Particulares sobre

instalaciones eléctricas de baja tensión de las empresas distribuidoras de energía eléctrica, que bajo la marca ERZ Endesa desarrollan su actividad, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Aragón.

### 1.2.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Se llevara a cabo conforme lo dispuesto en:

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, el R.D. 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la Construcción y el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales

Además se incluye en el presente proyecto el Estudio de Seguridad y Salud que deberá ser aprobado por el Coordinador en materia de seguridad y salud previo al inicio de las obras.

### 1.2.3. SEGURIDAD PÚBLICA

El Contratista dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de la misma.

El Contratista además deberá tomar toda la precaución máxima en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.



#### 1.2.4. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Todas las obras del proyecto se ejecutarán garantizando el cumplimiento de la legislación y reglamentación medioambiental aplicable.

### 1.3. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El Contratista deberá ordenar los trabajos de forma eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes.

#### 1.3.1. DATOS DE LA OBRA

Se entregará al Contratista dos copias de los Planos y un Pliego de Condiciones del Proyecto, así como cuantos datos o planos necesite para la completa ejecución de la obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos. Se hace responsable de la buena conservación de los originales, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, el Contratista, simultáneamente al levantamiento del Acta de Recepción Provisional, entregará planos actualizados de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de obra dos expedientes completos de los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones o variaciones en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

#### 1.3.2. REPLANTEO DE LA OBRA

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las obras, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán claramente los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista. Los gastos de replanteo serán a cuenta del Contratista.

### 1.3.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto aquellas que no hayan sido ordenadas por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

### 1.3.4. RECEPCIÓN DEL MATERIAL

El Director de obra de acuerdo con el Contratista dará su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta. La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

### 1.3.5. ORGANIZACIÓN

El Contratista actuará de patrono legal aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quién corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de este en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

### 1.3.6. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la

obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

La ejecución de las obras será confiada a personal cuyos conocimientos técnicos y prácticos les permita realizar el trabajo correctamente, debiendo tener al frente del mismo un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

### 1.3.7. PLAZO DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo. El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra la prórroga estrictamente necesaria.

### 1.3.8. RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso.

Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y Pliego de condiciones en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

### 1.3.9. PERIODOS DE GARANTÍA

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales. Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

### 1.3.10. RECEPCIÓN DEFINITIVA

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

### 1.3.11. PAGO DE OBRAS

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminados por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

### 1.3.12. ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega

en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

#### **1.4. DISPOSICIONES FINALES**

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

## **2. CONDICIONES PARA LA OBRA CIVIL Y MONTAJE DE LÍNEAS ELÉCTRICAS DE MEDIA TENSIÓN CON CONDUCTORES AISLADOS**

### **2.1. OBJETO**

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir las condiciones aceptables para la ejecución de las obras de instalaciones de redes subterráneas de media tensión.

### **2.2. PREPARACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA OBRA**

Se exponen a continuación los pasos previos a comenzar la ejecución y la forma de realizarlos con el fin de que el proyecto se realice de forma satisfactoria.

- Comprobar que se dispone de todos los permisos necesarios para la ejecución del proyecto.
- Llevar a cabo un reconocimiento sobre el terreno del trazado proyectado para la canalización fijándose en la existencia de servicios telefónicos, de agua, alumbrado público, etc.
- Contactar con los Servicios Técnico de las Compañías Distribuidoras afectadas con el fin de identificar las instalaciones próximas que puedan resultar afectadas.
- El Contratista deberá tener dispuestos todos los elementos de protección y señalización antes de dar comienzo a la obra.

### **2.3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

#### **2.3.1. TRAZADO**

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

#### **2.3.2. ZANJAS**

##### **2.3.2.1. ZANJAS EN TIERRA**

Su ejecución comprende:

- Apertura de las zanjas

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de proceder al comienzo de los trabajos, se marcarán, en el pavimento de las aceras, las zonas donde se abrirán las zanjas marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejarán puentes para la contención del terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas se indicarán sus situaciones, con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar, de forma que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable.

Las zanjas se ejecutarán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se dejará un paso de 50 cm entre las tierras extraídas y la zanja, todo a lo largo de la misma, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierra registros de gas, teléfonos, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

En los pasos de carruajes, entradas de garajes, etc., tanto existentes como futuros, los cruces serán ejecutados con tubos, de acuerdo con las recomendaciones del apartado correspondiente y previa autorización del Supervisor de Obra.

- Suministro y colocación de protecciones de arenas

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta, áspera, crujiente al tacto; exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual si fuese necesario, se tamizará o lavará convenientemente. Se utilizará indistintamente de cantera o de río, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de dos o tres milímetros como máximo.

Cuando se emplee la procedente de la zanja, además de necesitar la aprobación del Supervisor de la Obra, será necesario su cribado.

En el lecho de la zanja irá una capa de 10 cm. de espesor de arena, sobre la que se situará el cable. Por encima del cable irá otra capa de 15 cm. De arena. Ambas capas de arena ocuparán la anchura total de la zanja.

- Suministro y colocación de protección de rasilla y ladrillo

Encima de la segunda capa de arena se colocará una capa protectora de rasilla o ladrillo, siendo su anchura de un pie (25 cm.) cuando se trate de proteger un solo cable o terna de cables en mazos. La anchura se incrementará en medio pie (12,5 cm.) por cada cable o terna de cables en mazos que se añada en la misma capa horizontal.

Los ladrillos o rasillas serán cerámicos, duros y fabricados con buenas arcillas. Su cocción será perfecta, tendrá sonido campanil y su fractura será uniforme, sin caliches ni cuerpos extraños. Tanto los ladrillos huecos como las rasillas estarán fabricados con barro fino y presentará caras planas con estrías.

Cuando se tiendan dos o más cables tripolares de M.T. o una o varias ternas de cables unipolares, entonces se colocará, a todo lo largo de la zanja, un ladrillo en posición de canto para separar los cables cuando no se pueda conseguir una separación de 25 cm. entre ellos.

- Colocación de la cinta de Atención al cable

En las canalizaciones de cables de media tensión se colocará una cinta de cloruro de polivinilo, que denominaremos Atención a la existencia del cable, tipo UNESA. Se colocará a lo largo de la canalización una tira por cada cable de media tensión tripolar o terna de unipolares en mazos y en la vertical del mismo a una distancia mínima a la parte superior del cable de 30 cm. La distancia mínima de la cinta a la parte inferior del pavimento será de 10 cm.

- Tapado y apisonado de las zanjas

Una vez colocadas las protecciones del cable, señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de la excavación (previa eliminación de piedras gruesas, cortantes o escombros que puedan llevar), apisonada, debiendo realizarse los 20 primeros cm. de forma manual, y para el resto es conveniente apisonar mecánicamente.

El tapado de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de diez centímetros de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas, si fuese necesario, con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno. La cinta de Atención a la existencia del cable, se colocará entre dos de estas capas, tal como se ha indicado en d). El contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiencia de esta operación y por lo tanto serán de su cuenta posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

- Carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes

Las tierras sobrantes de la zanja, debido al volumen introducido en cables, arenas, rasillas, así como el esponje normal del terreno serán retiradas por el contratista y llevadas a vertedero.



El lugar de trabajo quedará libre de dichas tierras y completamente limpio.

- Utilización de los dispositivos de balizamiento apropiados

Durante la ejecución de las obras, éstas estarán debidamente señalizadas de acuerdo con los condicionamientos de los Organismos afectados y Ordenanzas Municipales.

#### 2.3.2.1.1. Dimensiones y Condiciones Generales de Ejecución

- Zanja normal para media tensión

Se considera como zanja normal para cables de media tensión la que tiene 0,60 m. de anchura media y profundidad 1,10 m., tanto en aceras como en calzada. Esta profundidad podrá aumentarse por criterio exclusivo del Supervisor de Obras.

La separación mínima entre ejes de cables tripolares, o de cables unipolares, componentes de distinto circuito, deberá ser de 0,20 m. separados por un ladrillo, o de 25 cm. entre capas externas sin ladrillo intermedio.

La distancia entre capas externas de los cables unipolares de fase será como mínimo de 8 cm. con un ladrillo o rasilla colocado de canto entre cada dos de ellos a todo lo largo de las canalizaciones.

Al ser de 10 cm. el lecho de arena, los cables irán como mínimo a 1 m. de profundidad. Cuando esto no sea posible y la profundidad sea inferior a 0,70 m. deberán protegerse los cables con chapas de hierro, tubos de fundición u otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, siempre de acuerdo y con la aprobación del Supervisor de la Obra.

- Zanja para media tensión en terreno con servicios

Cuando al abrir calas de reconocimiento o zanjas para el tendido de nuevos cables aparezcan otros servicios se cumplirán los siguientes requisitos:

- a) Se avisará a la empresa propietaria de los mismos. El encargado de la obra tomará las medidas necesarias, en el caso de que estos servicios queden al aire, para sujetarlos con seguridad de forma que no sufran ningún deterioro.

Y en el caso en que haya que correrlos, para poder ejecutar los trabajos, se hará siempre de acuerdo con la empresa propietaria de las canalizaciones.

Nunca se deben dejar los cables suspendidos, por necesidad de la canalización, de forma que estén en tracción, con el fin de evitar que las piezas de conexión, tanto en empalmes como en derivaciones, puedan sufrir.

- b) Se establecerán los nuevos cables de forma que no se entrecrucen con los servicios establecidos, guardando, a ser posible, paralelismo con ellos.

- c) Se procurará que la distancia mínima entre servicios sea de 30 cm. en la proyección horizontal de ambos.
- d) Cuando en la proximidad de una canalización existan soportes de líneas aéreas de transporte público, telecomunicación, alumbrado público, etc., el cable se colocará a una distancia mínima de 50 cm. de los bordes extremos de los soportes o de las fundaciones. Esta distancia pasará a 150 cm. cuando el soporte esté sometido a un esfuerzo de vuelco permanente hacia la zanja. En el caso en que esta precaución no se pueda tomar, se utilizará una protección mecánica resistente a lo largo de la fundación del soporte, prolongada una longitud de 50 cm. a un lado y a otro de los bordes extremos de aquella con la aprobación del Supervisor de la Obra.

- Zanja con más de una banda horizontal

Cuando en una misma zanja se coloquen cables de baja tensión y media tensión, cada uno de ellos deberá situarse a la profundidad que le corresponda y llevará su correspondiente protección de arena y rasilla. Se procurará que los cables de media tensión vayan colocados en el lado de la zanja más alejada de las viviendas y los de baja tensión en el lado de la zanja más próximo a las mismas.

De este modo se logrará prácticamente una independencia casi total entre ambas canalizaciones.

La distancia que se recomienda guardar en la proyección vertical entre ejes de ambas bandas debe ser de 25 cm.

Los cruces en este caso, cuando los haya, se realizarán de acuerdo con lo indicado en los planos del proyecto.

#### 2.3.2.2. ZANJAS EN ROCA

Se tendrá en cuenta todo lo dicho en el apartado de zanjas en tierra. La profundidad mínima será de 2/3 de los indicados anteriormente en cada caso. En estos casos se atenderá a las indicaciones del Supervisor de Obra sobre la necesidad de colocar o no protección adicional.

#### 2.3.2.3. ZANJAS ANORMALES Y ESPECIALES

La separación mínima entre ejes de cables multipolares o mazos de cables unipolares, componentes del mismo circuito, deberá ser de 0,20 m. separados por un ladrillo o de 0,25 m. entre caras sin ladrillo y la separación entre los ejes de los cables extremos y la pared de la zanja de 0,10 m.; por tanto, la anchura de la zanja se hará con arreglo a estas distancias mínimas y de acuerdo con lo ya indicado cuando, además, haya que colocar tubos.

También en algunos casos se pueden presentar dificultades anormales (galerías, pozos, cloacas, etc.). Entonces los trabajos se realizarán con precauciones y normas pertinentes al caso y las generales dadas para zanjas de tierra.

### 2.3.3. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

Cuando al abrir calas de reconocimiento o zanjas para el tendido de nuevos cables aparezcan otros servicios se cumplirá lo indicado en la memoria del proyecto en cuanto a cruzamientos y paralelismos con otras instalaciones, teniendo en cuenta los siguientes requisitos:

- Se avisará a la empresa propietaria de los mismos. El encargado de la obra tomará las medidas necesarias, en el caso de que estos servicios queden al aire, para sujetarlos con seguridad de forma que no sufran ningún deterioro. Y en el caso en que haya que correrlos, para poder ejecutar los trabajos, se hará siempre de acuerdo con la empresa propietaria de las canalizaciones. Nunca se deben dejar los cables suspendidos, por necesidad de la canalización, de forma que estén en tracción, con el fin de evitar que las piezas de conexión, tanto en empalmes como en derivaciones, puedan sufrir.
- Se establecerán los nuevos cables de forma que no se entrecrucen con los servicios establecidos, guardando, a ser posible, paralelismo con ellos.
- Se procurará que la distancia mínima entre servicios sea de 30 cm en la proyección horizontal de ambos.
- Cuando en la proximidad de una canalización existan soportes de líneas aéreas de transporte público, telecomunicación, alumbrado público, etc., el cable se colocará a una distancia mínima de 50 cm. de los bordes extremos de los soportes o de las fundaciones. Esta distancia pasará a 150 cm. cuando el soporte esté sometido a un esfuerzo de vuelco permanente hacia la zanja. En el caso en que esta precaución no se pueda tomar, se utilizará una protección mecánica resistente a lo largo de la fundación del soporte, prolongada una longitud de 50 cm a un lado y a otro de los bordes extremos de aquella con la aprobación del Supervisor de la Obra.
- Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando en una misma zanja se coloquen cables de baja tensión y media tensión, cada uno de ellos deberá situarse a la profundidad que le corresponda y llevará su correspondiente protección de arena y rasilla. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada. Se procurará que los cables de media tensión vayan colocados en el lado

de la zanja más alejada de las viviendas y los de baja tensión en el lado de la zanja más próximo a las mismas.

- En el paralelismo entre el cable de energía y conducciones metálicas enterradas se debe mantener en todo caso una distancia mínima en proyección horizontal de:
  - 0,50 m para gaseoductos.
  - 0,30 m para otras conducciones.
- Cuando las tomas de tierra de pararrayos de edificios importantes se encuentren bajo la acera, próximas a cables eléctricos en que las envueltas no están conectadas en el interior de los edificios con la bajada del pararrayos conviene tomar alguna de las precauciones siguientes:
  - Interconexión entre la bajada del pararrayos y las envueltas metálicas de los cables.
  - Distancia mínima de 0,50 m entre el conductor de toma de tierra del pararrayos y los cables o bien interposición entre ellos de elementos aislantes.

#### 2.3.4. CANALIZACIONES

El cable deberá ir en el interior de tubos en los casos siguientes:

- Para el cruce de calles, caminos o carreteras con tráfico rodado.
- En las entradas de carruajes o garajes públicos.
- En los lugares en donde por diversas causas no debe dejarse tiempo la zanja abierta.
- En los sitios en donde esto se crea necesario por indicación del Proyecto o del Supervisor de la Obra.

Los trabajos de cruces, teniendo en cuenta que su duración es mayor que los de apertura zanjas, empezarán antes, para tener toda la zanja a la vez, dispuesta para el tendido del cable. Estos cruces serán siempre rectos, y en general, perpendiculares a la dirección de la calzada. Sobresaldrán en la acera, hacia el interior, unos 20 cm. del bordillo (debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación).

Los cruces de vías públicas o privadas se realizarán con tubos ajustándose a las siguientes condiciones:

- Se colocará en posición horizontal y recta y estarán hormigonados en toda su longitud.

- Deberá preverse para futuras ampliaciones uno o varios tubos de reserva dependiendo el número de la zona y situación del cruce (en cada caso se fijará el número de tubos de reserva).
- Los extremos de los tubos en los cruces llegarán hasta los bordillos de las aceras, debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación.
- En las salidas, el cable se situará en la parte superior del tubo, cerrando los orificios con yeso.
- Siempre que la profundidad de zanja bajo la calzada sea inferior a 60 cm en el caso de B.T. se utilizarán chapas o tubos de hierro u otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, teniendo en cuenta que dentro del mismo tubo deberán colocarse las tres fases y neutro.

El diámetro de los tubos se ajustará a lo indicado en la memoria y en los planos del proyecto. Su colocación y la sección mínima de hormigonado responderán a lo indicado en los planos. Estarán recibidos con cemento y hormigonados en toda su longitud. Cuando por imposibilidad de hacer la zanja a la profundidad normal los cables estén situados a menos de 80 cm de profundidad, se dispondrán en vez de tubos de fibrocemento ligero, tubos metálicos o de resistencia análoga para el paso de cables por esa zona, previa conformidad del Supervisor de Obra.

Los tubos vacíos, ya sea mientras se ejecuta la canalización o que al terminarse la misma se quedan de reserva, deberán taparse con rasilla y yeso, dejando en su interior un alambre galvanizado para guiar posteriormente los cables en su tendido. Se debe evitar posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

En los tramos rectos, cada 15 ó 20 m, según el tipo de cable, para facilitar su tendido se dejarán calas abiertas de una longitud mínima de 3 m. en las que se interrumpirá la continuidad del tubo. Una vez tendido el cable estas calas se taparán cubriendo previamente el cable con canales o medios tubos, recibiendo sus uniones con cemento o dejando arquetas fácilmente localizables para ulteriores intervenciones, según indicaciones del Supervisor de Obras.

Para hormigonar los tubos se procederá del modo siguiente: Se hecha previamente una solera de hormigón bien nivelada de unos 8 cm de espesor sobre la que se asienta la primera capa de tubos separados entre sí unos 4 cm. procediéndose a continuación a hormigonarlos hasta cubrirlos enteramente. Sobre esta nueva solera se coloca la segunda capa de tubos, en las condiciones ya citadas, que se hormigona igualmente en forma de capa. Si hay más tubos se procede como ya se ha dicho, teniendo en cuenta que, en la última capa, el hormigón se vierte hasta el nivel total que deba tener.

### 2.3.5. TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde el camión o remolque.

Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Las bobinas no deben almacenarse sobre un suelo blando.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido. En el caso de suelo con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente. Para el tendido de la bobina estará siempre elevada y sujeta por barra y gatos adecuados al peso de la misma y dispositivos de frenado.

### 2.3.6. TENDIDO DE CABLES

Tendido de cables en zanja abierta

- Manejo y preparación de bobinas

Cuando se desplace la bobina en tierra rodándola, hay que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado en ella con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

La bobina no debe almacenarse sobre un suelo blando.

Antes de comenzar el tendido del cable se estudiará el punto más apropiado para situar la bobina, generalmente por facilidad de tendido: en el caso de suelos con pendiente suele ser conveniente el canalizar cuesta abajo. También hay que tener en cuenta que si hay muchos pasos con tubos, se debe procurar colocar la bobina en la parte más alejada de los mismos, con el fin de evitar que pase la mayor parte del cable por los tubos.

En el caso del cable trifásico no se canalizará desde el mismo punto en dos direcciones opuestas con el fin de que las espirales de los tramos se correspondan.

Para el tendido, la bobina estará siempre elevada y sujeta por un barrón y gatos de potencia apropiada al peso de la misma.

- Tendido de cables en zanja

Los cables deben ser siempre desarrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre pendiente que el

radio de curvatura del cable deber ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

Cuando los cables se tiendan a mano, los hombres estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede canalizar mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable, al que se habrá adoptado una cabeza apropiada, y con un esfuerzo de tracción por mm<sup>2</sup> de conductor que no debe sobrepasar el que indique el fabricante del mismo. En cualquier caso el esfuerzo no será superior a 4 kg/mm<sup>2</sup> en cables trifásicos y a 5 kg/mm<sup>2</sup> para cables unipolares, ambos casos con conductores de cobre. Cuando se trate de aluminio deben reducirse a la mitad. Será imprescindible la colocación de dinamómetro para medir dicha tracción mientras se tiende.

El tendido se hará obligatoriamente sobre rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no puedan dañar el cable. Se colocarán en las curvas los rodillos de curva precisos de forma que el radio de curvatura no sea menor de veinte veces el diámetro del cable.

Durante el tendido del cable se tomarán precauciones para evitar al cable esfuerzos importantes, así como que sufra golpes o rozaduras.

No se permitirá desplazar el cable, lateralmente, por medio de palancas u otros útiles, sino que se deberá hacer siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, en casos muy específicos y siempre bajo la vigilancia del Supervisor de la Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0 grados centígrados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

La zanja, en toda su longitud, deberá estar cubierta con una capa de 10 cm de arena fina en el fondo, antes de proceder al tendido del cable.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta, sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con la capa de 15 cm. de arena fina y la protección de rasilla.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando dos cables se canalicen para ser empalmados, si están aislados con papel impregnado, se cruzarán por lo menos un metro, con objeto de sanear las puntas y si tienen aislamiento de plástico el cruzamiento será como mínimo de 50 cm.

Las zanjas, una vez abiertas y antes de tender el cable, se recorrerán con detenimiento para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas, al terminar los trabajos,

en la misma forma en que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia a la oficina de control de obras y a la empresa correspondiente, con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte de la Contrata, tendrá las señas de los servicios públicos, así como su número de teléfono, por si tuviera, el mismo, que llamar comunicando la avería producida.

Si las pendientes son muy pronunciadas, y el terreno es rocoso e impermeable, se está expuesto a que la zanja de canalización sirva de drenaje, con lo que se originaría un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso, si es un talud, se deberá hacer la zanja al bies, para disminuir la pendiente, y de no ser posible, conviene que en esa zona se lleve la canalización entubada y recibida con cemento.

Cuando dos o más cables de M.T. discurren paralelos entre dos subestaciones, centros de reparto, centros de transformación, etc., deberán señalizarse debidamente, para facilitar su identificación en futuras aperturas de la zanja utilizando para ello cada metro y medio, cintas adhesivas de colores distintos para cada circuito, y en fajas de anchos diferentes para cada fase si son unipolares. De todos modos al ir separados sus ejes 20 cm. mediante un ladrillo o rasilla colocado de canto a lo largo de toda la zanja, se facilitará el reconocimiento de estos cables que además no deben cruzarse en todo el recorrido entre dos C.T.

En el caso de canalizaciones con cables unipolares de media tensión formando ternas, la identificación es más dificultosa y por ello es muy importante el que los cables o mazos de cables no cambien de posición en todo su recorrido como acabamos de indicar.

Además se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Cada metro y medio serán colocados por fase una vuelta de cinta adhesiva y permanente, indicativo de la fase 1, fase 2 y fase 3 utilizando para ello los colores normalizados cuando se trate de cables unipolares.
  - Por otro lado, cada metro y medio envolviendo las tres fases, se colocarán unas vueltas de cinta adhesiva que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos, salvo indicación en contra del Supervisor de Obras. En el caso de varias ternas de cables en mazos, las vueltas de cinta citadas deberán ser de colores distintos que permitan distinguir un circuito de otro.
  - Cada metro y medio, envolviendo cada conductor de MT tripolar, serán colocadas unas vueltas de cinta adhesivas y permanente de un color distinto para cada circuito, procurando además que el ancho de la faja sea distinto en cada uno.
- 
- Tendido de cables en tubulares



Cuando el cable se tienda a mano o con cabrestantes y dinamómetro, y haya que pasar el mismo por un tubo, se facilitará esta operación mediante una cuerda, unida a la extremidad del cable, que llevará incorporado un dispositivo de manga tira cables, teniendo cuidado de que el esfuerzo de tracción sea lo más débil posible, con el fin de evitar alargamiento de la funda de plomo, según se ha indicado anteriormente.

Se situará un hombre en la embocadura de cada cruce de tubo, para guiar el cable y evitar el deterioro del mismo o rozaduras en el tramo del cruce.

Los cables de media tensión unipolares de un mismo circuito, pasarán todos juntos por un mismo tubo dejándolos sin encintar dentro del mismo.

Nunca se deberán pasar dos cables trifásicos de media tensión por un tubo.

En aquellos casos especiales que a juicio del Supervisor de la Obra se instalen los cables unipolares por separado, cada fase pasará por un tubo y en estas circunstancias los tubos no podrán ser nunca metálicos.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el proyecto, o en su defecto donde indique el Supervisor de Obra.

Una vez tendido el cable, los tubos se taparán perfectamente con cinta de yute Pirelli Tupir o similar, para evitar el arrastre de tierras, roedores, etc., por su interior y servir a la vez de almohadilla del cable. Para ello se sierra el rollo de cinta en sentido radial y se ajusta a los diámetros del cable y del tubo quitando las vueltas que sobren.

- Tendido de cables en galería

Los cables en galería se colocarán en palomillas, ganchos u otros soportes adecuados.

Antes de empezar el tendido se decidirá el sitio donde va a colocarse el nuevo cable para que no se interfiera con los servicios ya establecidos.

En los tendidos en galería serán colocadas las cintas de señalización ya indicadas y las palomillas o soportes deberán distribuirse de modo que puedan aguantar los esfuerzos electrodinámicos que posteriormente pudieran presentarse.

#### 2.3.7. EMPALMES

Se ejecutarán los tipos denominados reconstruidos indicados en el proyecto, cualquiera que sea su aislamiento: papel impregnado, polímero o plástico.

Para su confección se seguirán las normas dadas por el Director de Obra o en su defecto las indicadas por el fabricante del cable o el de los empalmes.

En los cables de papel impregnado se tendrá especial cuidado en no romper el papel al doblar las venas del cable, así como en realizar los baños de aceite con la frecuencia

necesaria para evitar coqueras. El corte de los rollos de papel se hará por rasgado y no con tijera, navaja, etc.

En los cables de aislamiento seco, se prestará especial atención a la limpieza de las trazas de cinta semiconductora pues ofrecen dificultades a la vista y los efectos de una deficiencia en este sentido pueden originar el fallo del cable en servicio.

#### 2.3.8. BOTELLAS TERMINALES

Se utilizará el tipo indicado en el proyecto, siguiendo para su confección las normas que dicte el Director de Obra o en su defecto el fabricante del cable o el de las botellas terminales.

En los cables de papel impregnado se tendrá especial cuidado en las soldaduras, de forma que no queden poros por donde pueda pasar humedad, así como en el relleno de las botellas, realizándose éste con calentamiento previo de la botella terminal y de forma que la pasta rebase por la parte superior.

Asimismo, se tendrá especial cuidado en el doblado de los cables de papel impregnado, para no rozar el papel, así como en la confección del cono difusor de flujos en los cables de campo radial, prestando atención especial a la continuidad de la pantalla.

Se recuerdan las mismas normas sobre el corte de los rollos de papel, y la limpieza de los trozos de cinta semiconductora dadas en el apartado anterior de Empalmes.

Se procurará que los soportes de las botellas terminales queden fijos en las paredes de los centros de transformación y tengan la debida resistencia mecánica para soportar el peso de los soportes, botellas terminales y cable. Así mismo, se procurará que queden completamente horizontales.

Antes de proceder a la ejecución de taladros, se comprobará la buena resistencia mecánica de las paredes, se realizará así mismo el replanteo para que una vez colocados los elementos queden bien sujetos sin estar forzados.

El material de agarre que se utilice será el apropiado para que las paredes no queden debilitadas y las palomillas soporten el esfuerzo necesario para cumplir la misión para la que se colocan.

### **3. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA OBRA CIVIL E INSTALACIÓN DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS**

#### **3.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES**

##### **3.1.1. OBRA CIVIL**

Las envolventes empleadas en la ejecución de este proyecto cumplirán las condiciones generales prescritas en el MIE-RAT 14, Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

##### **3.1.2. APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN**

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envoltorio metálica, y que utilicen gas para cumplir dos misiones:

- Aislamiento: El aislamiento integral en gas confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la contaminación del aire, a la humedad, o incluso a la eventual inmersión del centro por efecto de riadas.

Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta contaminación, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro.

- Corte: El corte en gas resulta más seguro que el aire, debido a lo explicado para el aislamiento.

Igualmente, las celdas empleadas habrán de permitir la extensibilidad "in situ" del centro, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

##### **3.1.3. TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

El transformador o transformadores instalados en este Centro de Transformación serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario y demás características según lo indicado en la Memoria en los apartados correspondientes a potencia, tensiones primarias y secundarias, regulación en el primario, grupo de conexión, tensión de cortocircuito y protecciones propias del transformador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cable ni otras aberturas al resto del Centro de Transformación, si estos son de maniobra interior (tipo caseta).

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

#### 3.1.4. EQUIPOS DE MEDIDA

Al tratarse de un Centro para distribución pública, no se incorpora medida de energía en MT, por lo que esta se efectuará en las condiciones establecidas en cada uno de los ramales en el punto de derivación hacia cada cliente en BT, atendiendo a lo especificado en el Reglamento de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

##### - Puesta en servicio

El personal encargado de realizar las maniobras estará debidamente autorizado y adiestrado.

Las maniobras se realizarán en el siguiente orden: primero se conectará el interruptor/seccionador de entrada, si lo hubiere. A continuación se conectará la aparamenta de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a éste trabajando para hacer las comprobaciones oportunas.

Una vez realizadas las maniobras de MT, procederemos a conectar la red de BT.

##### - Separación de servicio

Estas maniobras se ejecutarán en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el seccionador de puesta a tierra.

##### - Mantenimiento

Para dicho mantenimiento se tomarán las medidas oportunas para garantizar la seguridad del personal.

Este mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

Las celdas tipo CGMcosmos de ORMAZABAL, empleadas en la instalación, no necesitan mantenimiento interior, al estar aislada su aparamenta interior en gas, evitando de esta forma el deterioro de los circuitos principales de la instalación.

### **3.2. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

Todos los materiales, aparatos, máquinas, y conjuntos integrados en los circuitos de instalación proyectada cumplen las normas, especificaciones técnicas, y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Por lo tanto, la instalación se ajustará a los planos, materiales, y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa en contra.

### **3.3. PRUEBAS REGLAMENTARIAS**

Las pruebas y ensayos a que serán sometidos los equipos y/o edificios una vez terminada su fabricación serán las que establecen las normas particulares de cada producto, que se encuentran en vigor y que aparecen como normativa de obligado cumplimiento en el MIE-RAT 02.

### **3.4. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

El centro deberá estar siempre perfectamente cerrado, de forma que impida el acceso de las personas ajenas al servicio.

En el interior del centro no se podrá almacenar ningún elemento que no pertenezca a la propia instalación.

Para la realización de las maniobras oportunas en el centro se utilizará banquillo, palanca de accionamiento, guantes, etc., y deberán estar siempre en perfecto estado de uso, lo que se comprobará periódicamente.

Antes de la puesta en servicio en carga del centro, se realizará una puesta en servicio en vacío para la comprobación del correcto funcionamiento de las máquinas.

Se realizarán unas comprobaciones de las resistencias de aislamiento y de tierra de los diferentes componentes de la instalación eléctrica.

Toda la instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y debe disponer de las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interrupción, maniobras incorrectas, y contactos accidentales con los elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidente.

Se colocarán las instrucciones sobre los primeros auxilios que deben presentarse en caso de accidente en un lugar perfectamente visible.

### **3.5. CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN**

Se adjuntarán, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos competentes, las documentaciones indicadas a continuación:

- Autorización administrativa de la obra.
- Proyecto firmado por un técnico competente.
- Certificado de tensión de paso y contacto, emitido por una empresa homologada.
- Certificación de fin de obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Conformidad por parte de la compañía suministradora.

### **3.6. LIBRO DE ÓRDENES**

Se dispondrá en este centro de un libro de órdenes, en el que se registrarán todas las incidencias surgidas durante la vida útil del citado centro, incluyendo cada visita, revisión, etc.

## **4. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN DE REDES SUBTERRÁNEAS DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

### **4.1. OBJETO**

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto indicar las condiciones mínimas que se cumplirán en la ejecución de las obras de instalación de redes subterráneas en baja tensión.

### **4.2. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

Será responsabilidad del contratista la ejecución de los trabajos conforme la normativa vigente.

#### **4.2.1. TRAZADO**

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras o calzadas, evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen llaves para la contención del terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar.

#### **4.2.2. APERTURA DE ZANJAS**

Durante la ejecución de las obras, éstas estarán debidamente señalizadas de acuerdo con los condicionamientos de los Organismos afectados y Ordenanzas Municipales.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurará dejar un paso de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

Las dimensiones mínimas de las zanjas serán las siguientes:

- Profundidad de 60 cm y anchura de 40 cm para canalizaciones de baja tensión bajo acera.
- Profundidad de 80 cm y anchura de 60 cm para canalizaciones de baja tensión bajo calzada.

#### 4.2.3. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

Cuando al abrir calas de reconocimiento o zanjas para el tendido de nuevos cables aparezcan otros servicios se cumplirá lo indicado en la memoria del proyecto en cuanto a cruzamientos y paralelismos con otras instalaciones, teniendo en cuenta los siguientes requisitos:

- Se avisará a la empresa propietaria de los mismos. El encargado de la obra tomará las medidas necesarias, en el caso de que estos servicios queden al aire, para sujetarlos con seguridad de forma que no sufran ningún deterioro. Y en el caso en que haya que correrlos, para poder ejecutar los trabajos, se hará siempre de acuerdo con la empresa propietaria de las canalizaciones. Nunca se deben dejar los cables suspendidos, por necesidad de la canalización, de forma que estén en tracción, con el fin de evitar que las piezas de conexión, tanto en empalmes como en derivaciones, puedan sufrir.
- Se establecerán los nuevos cables de forma que no se entrecrucen con los servicios establecidos, guardando, a ser posible, paralelismo con ellos.
- Se procurará que la distancia mínima entre servicios sea de 30 cm en la proyección horizontal de ambos.
- Cuando en la proximidad de una canalización existan soportes de líneas aéreas de transporte público, telecomunicación, alumbrado público, etc., el cable se colocará a una distancia mínima de 50 cm. de los bordes extremos de los soportes o de las fundaciones. Esta distancia pasará a 150 cm. cuando



el soporte esté sometido a un esfuerzo de vuelco permanente hacia la zanja. En el caso en que esta precaución no se pueda tomar, se utilizará una protección mecánica resistente a lo largo de la fundación del soporte, prolongada una longitud de 50 cm a un lado y a otro de los bordes extremos de aquella con la aprobación del Supervisor de la Obra.

- Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión. Cuando en una misma zanja se coloquen cables de baja tensión y media tensión, cada uno de ellos deberá situarse a la profundidad que le corresponda y llevará su correspondiente protección de arena y rasilla. Cuando no puedan respetarse estas distancias en los cables directamente enterrados, el cable instalado más recientemente se dispondrá en canalización entubada. Se procurará que los cables de media tensión vayan colocados en el lado de la zanja más alejada de las viviendas y los de baja tensión en el lado de la zanja más próximo a las mismas.
- En el paralelismo entre el cable de energía y conducciones metálicas enterradas se debe mantener en todo caso una distancia mínima en proyección horizontal de:
  - 0,50 m para gaseoductos.
  - 0,30 m para otras conducciones.
- Cuando las tomas de tierra de pararrayos de edificios importantes se encuentren bajo la acera, próximas a cables eléctricos en que las envueltas no están conectadas en el interior de los edificios con la bajada del pararrayos conviene tomar alguna de las precauciones siguientes:
  - Interconexión entre la bajada del pararrayos y las envueltas metálicas de los cables.
  - Distancia mínima de 0,50 m entre el conductor de toma de tierra del pararrayos y los cables o bien interposición entre ellos de elementos aislantes.

#### 4.2.4. CANALIZACIONES

El cable deberá ir en el interior de tubos en los casos siguientes:

- Para el cruce de calles, caminos o carreteras con tráfico rodado.

- En las entradas de carruajes o garajes públicos.
- En los lugares en donde por diversas causas no debe dejarse tiempo la zanja abierta.
- En los sitios en donde esto se crea necesario por indicación del Proyecto o del Supervisor de la Obra.

Los trabajos de cruces, teniendo en cuenta que su duración es mayor que los de apertura de zanjas, empezarán antes, para tener toda la zanja a la vez, dispuesta para el tendido del cable.

Estos cruces serán siempre rectos, y en general, perpendiculares a la dirección de la calzada.

Sobresaldrán en la acera, hacia el interior, unos 20 cm. del bordillo (debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación).

Los cruces de vías públicas o privadas se realizarán con tubos ajustándose a las siguientes condiciones:

- Se colocará en posición horizontal y recta y estarán hormigonados en toda su longitud.
- Deberá preverse para futuras ampliaciones uno o varios tubos de reserva dependiendo el número de la zona y situación del cruce (en cada caso se fijará el número de tubos de reserva).
- Los extremos de los tubos en los cruces llegarán hasta los bordillos de las aceras, debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación.
- En las salidas, el cable se situará en la parte superior del tubo, cerrando los orificios con yeso.
- Siempre que la profundidad de zanja bajo la calzada sea inferior a 60 cm en el caso de B.T. se utilizarán chapas o tubos de hierro u otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, teniendo en cuenta que dentro del mismo tubo deberán colocarse las tres fases y neutro.

El diámetro de los tubos se ajustará a lo indicado en la memoria del proyecto. Su colocación y la sección mínima de hormigonado responderán a lo indicado en los planos.

Estarán recibidos con cemento y hormigonados en toda su longitud. Cuando por imposibilidad de hacer la zanja a la profundidad normal los cables estén situados a menos de 80 cm de profundidad, se dispondrán en vez de tubos de fibrocemento ligero, tubos metálicos o de resistencia análoga para el paso de cables por esa zona, previa conformidad del Supervisor de Obra.

Los tubos vacíos, ya sea mientras se ejecuta la canalización o que al terminarse la misma se quedan de reserva, deberán taparse con rasilla y yeso, dejando en su interior un alambre galvanizado para guiar posteriormente los cables en su tendido.

Se debe evitar posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

En los tramos rectos, cada 15 ó 20 m, según el tipo de cable, para facilitar su tendido se dejarán calas abiertas de una longitud mínima de 3 m. en las que se interrumpirá la continuidad del tubo. Una vez tendido el cable estas calas se tapan cubriendo previamente el cable con canales o medios tubos, recibiendo sus uniones con cemento o dejando arquetas fácilmente localizables para ulteriores intervenciones, según indicaciones del Supervisor de Obras.

Para hormigonar los tubos se procederá del modo siguiente: Se echa previamente una solera de hormigón bien nivelada de unos 8 cm de espesor sobre la que se asienta la primera capa de tubos separados entre sí unos 4 cm. procediéndose a continuación a hormigonarlos hasta cubrirlos enteramente. Sobre esta nueva solera se coloca la segunda capa de tubos, en las condiciones ya citadas, que se hormigona igualmente en forma de capa. Si hay más tubos se procede como ya se ha dicho, teniendo en cuenta que, en la última capa, el hormigón se vierte hasta el nivel total que deba tener.

#### 4.2.5. ARQUETAS DE REGISTRO

En los cambios de dirección se construirán arquetas de hormigón o ladrillo, siendo sus dimensiones las necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable. No se admitirán ángulos inferiores a 90° y aún éstos se limitarán a los indispensables. En general los cambios de dirección se harán con ángulos grandes. Como norma general, en alineaciones superiores a 40 m. serán necesarias las arquetas intermedias que promedien los tramos de tendido y que no estén distantes entre sí más de 40 m.

Las arquetas sólo estarán permitidas en aceras o lugares por las que normalmente no debe haber tránsito rodado; si esto excepcionalmente fuera imposible, se reforzarán marcos y tapas.

En la arqueta, los tubos quedarán a unos 25 cm. por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable los tubos

se taponarán con yeso de forma que el cable queda situado en la parte superior del tubo. La arqueta se rellenará con arena hasta cubrir el cable como mínimo.

La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura. Las arquetas podrán ser registrables o cerradas. En el primer caso deberán tener tapas metálicas o de hormigón provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. El fondo de estas arquetas será permeable de forma que permita la filtración del agua de lluvia.

Si las arquetas no son registrables se cubrirán con los materiales necesarios para evitar su hundimiento. Sobre esta cubierta se echará una capa de tierra y sobre ella se reconstruirá el pavimento.

#### 4.2.6. TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLE

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde el camión o remolque.

Cuando se desplace la bobina por tierra rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Las bobinas no deben almacenarse sobre un suelo blando.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido. En el caso de suelo con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente.

Para el tendido de la bobina estará siempre elevada y sujeta por barra y gatos adecuados al peso de la misma y dispositivos de frenado.

#### 4.2.7. TENDIDO DE CABLES

Este apartado incluye las operaciones necesarias para la instalación de los conductores, comprendiendo la preparación de las bobinas, desenrollado, tendido, protección mecánica y señalización.

Para ello se describen las operaciones siguientes:

- Preparación de las bobinas de cables.

El transporte, carga y descarga, de las bobinas se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central del carrete. Bajo ningún concepto se podrá

retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado.

Las bobinas deben almacenarse al abrigo de la humedad, no deben descargarse ni depositarse en lugares donde el polvo (arena, cemento, carbón) o cualquier otro cuerpo extraño puedan deteriorar el aislamiento, debiéndose tapar las puntas de los cables con capuchones para evitar la penetración de humedad. Las bobinas no deben almacenarse sobre suelo blando.

El desplazamiento de la bobina por rodadura sobre el suelo se hará en el sentido indicado sobre el carrete con una flecha, esto evita que se afloje y deteriore el cable enrollado en la misma.

Con objeto de facilitar el tendido del conductor se estudiará el emplazamiento más adecuado para colocar la bobina, en el caso de suelo en pendiente se colocará para que el desenrollado y tendido se realice en sentido descendente.

La bobina se situará en posición elevada, sujeta con barra y gatos adecuados al peso de la misma y con dispositivos de frenado.

- Tendido e instalación del conductor

El tendido e instalación del conductor se realizará por personal especializado.

Antes de proceder al tendido del cable se realizará una inspección visual de la zanja para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables y con una capa de arena fina en el fondo, de 5 cm de espesor mínimo, cubriendo la anchura total de la zanja.

Los cables deben ser siempre desenrollados e instalados con el mayor cuidado, evitando cualquier desperfecto tal como torsión, formación de bucles, aplastamiento o rotura de los cables o de los alambres, rozadura de los cables contra el suelo o contra cualquier objeto abrasivo, desgarrón del aislamiento, etc, teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado. En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores mínimos fijados por los fabricantes o, en su defecto, a los indicados en las Normas de la serie UNE 20435.

Se verificará en el curso de la operación de desenrollado que el cable está completamente intacto, eliminando cualquier parte que presente deterioro.

La operación de tendido puede ser realizada manualmente o mediante cabrestantes, en este segundo procedimiento se hará tirando del extremo del cable, al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada, con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe superar el indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará desenrollando el cable obligatoriamente sobre rodillos situados en el interior de la zanja, que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen al cable. Solo de manera excepcional se autorizara desenrollar el cable fuera de la zanja.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

No se permitirá hacer el tendido del cable cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados centígrados, debido a la rigidez que toma el aislamiento.

En el caso de canalizaciones con cables unipolares se colocará una sujeción que agrupe las tres fases y el neutro y los mantenga unidos, como máximo, cada metro y medio.

Cuando los cables que se canalicen vayan a ser empalmados se solaparán al menos en una longitud de 0,50 m.

Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje, originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables, en este caso el tramo afectado se deberá entubar y asegurar la canalización con hormigón.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y, si esto no fuera posible, se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el proyecto.

Una vez tendido el cable, los tubos, incluidos los de reserva, se taponarán con obturadores adecuados o productos selladores no combustibles ni emisores de gases tóxicos.

Si con motivo de las obras de canalización aparecen instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban inicialmente.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 15 cm de arena fina.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

#### 4.2.8. EMPALMES

La confección de empalmes se realizará mediante manguitos de aluminio adecuados a la sección de los cables a conectar.

En los conductores de aluminio se utilizará la compresión mediante matrices con punzonado profundo escalonado.

Finalmente se aislarán mediante un recubrimiento que aporte un nivel de aislamiento, como mínimo, igual al del cable, utilizando manguitos termorretráctiles o, en caso de presencia de gas, manguitos contráctiles en frío.

#### 4.2.9. BOTELLAS TERMINALES

Se utilizarán terminales de aluminio macizo estañado adecuados a la sección de los cables a conectar.

La conexión del terminal al cable se hará con engastado mediante punzonado profundo escalonado y la conexión del terminal a la instalación fija se efectuará a presión por tornillería.

Finalmente se aplicará un recubrimiento mediante cintas que aporte un nivel de aislamiento como mínimo igual al del cable y que, además, evite la penetración de humedad en la unión y la corrosión.

#### 4.2.10. SEÑALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN

Todo cable o conjunto de cables debe estar señalado por una cinta de atención de acuerdo con la Recomendación UNESA 0205 colocada como mínimo a 0,20 m. por encima del ladrillo. Cuando los cables o conjuntos de cables de categorías de tensión diferentes estén superpuestos, debe colocarse dicha cinta encima de cada uno de ellos.

Los cables deberán llevar marcas que se indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características.

#### 4.2.11. CIERRE DE ZANJAS

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación apisonada, debiendo realizarse los veinte primeros centímetros de forma manual, y para el resto deberá usarse apisonado mecánico.

El cierre de las zanjass deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm. de espesor, las cuales serán apisonada y regadas si fuese necesario, con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjass con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

#### 4.2.12. REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos.

Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas si está compuesto por losas, adoquines, etc.

En general se utilizarán materiales nuevos salvo las losas de piedra, adoquines, bordillos de granito y otros similares.

#### **4.3. MATERIALES**

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra. Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Los cables instalados serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con las Recomendaciones UNESA y las Normas UNE correspondientes.

#### **4.4. RECEPCIÓN DE OBRA**

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento según la forma establecida en la Norma UNE relativa a cada tipo de cable.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

Zaragoza, julio de 2015  
El Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales



Fdo: Ignacio Gracia Subira



# ESTUDIO BÁSICO SOBRE SEGURIDAD Y SALUD

---

## ÍNDICE ESTUDIO BÁSICO SOBRE SEGURIDAD Y SALUD

---

<b>1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES .....</b>	<b>200</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	200
1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES .....	201
1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES.....	201
1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA .....	201
1.2.3. PLAN DE PREVENCIÓN, EVALUACIÓN Y PLANIFICACIÓN.....	202
1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN .....	203
1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES .....	204
1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES .....	204
1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA .....	204
1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE .....	205
1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD .....	205
1.2.10. DOCUMENTACIÓN.....	205
1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES .....	206
1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS 206	
1.2.13. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS .....	206
1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.....	207
1.3.1. PROTECCION Y PREVENCIÓN.....	207
1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN .....	208
1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES .....	209
1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES .....	209
1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.....	209
1.5. RESPONSABILIDADES .....	209
<b>2. DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO .....</b>	<b>211</b>
<b>3. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO .....</b>	<b>212</b>
3.1. INTRODUCCIÓN.....	212
3.2. OBLIGACIÓN DEL EMPRESARIO .....	212
3.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO .....	213
3.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MÓVILES 215	
3.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACIÓN DE CARGAS.....	216

<b>3.6.</b>	<b>DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL. ....</b>	<b>216</b>
<b>3.7.</b>	<b>DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA....</b>	<b>218</b>
<b>4.</b>	<b>DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>220</b>
<b>4.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>220</b>
<b>4.2.</b>	<b>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....</b>	<b>220</b>
4.2.1.	RIESGOS MÁS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN Y MEDIDAS PREVENTIVAS	220
4.2.2.	MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL.....	242
4.2.3.	DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.	245
<b>5.</b>	<b>DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....</b>	<b>246</b>
<b>5.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>246</b>
<b>5.2.</b>	<b>OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO.....</b>	<b>246</b>
<b>5.3.</b>	<b>PRINCIPALES EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL: .....</b>	<b>246</b>
5.3.1.	PROTECTORES DE LA CABEZA.....	246
5.3.2.	PROTECTORES DE MANO Y BRAZOS .....	247
5.3.3.	PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS .....	247
5.3.4.	PROTECTORES DEL CUERPO .....	247
5.3.5.	EQUIPOS ADICIONALES DE PROTECCIÓN PARA TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN .....	247

## ESTUDIO BÁSICO SOBRE SEGURIDAD Y SALUD

---

### 1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

#### 1.1. INTRODUCCIÓN

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales tiene por objeto promover la seguridad y la salud de los trabajadores durante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo.

A tales efectos, esta Ley establece los principios generales relativos a la prevención de los riesgos profesionales para la protección de la seguridad y de la salud, y establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias fijarán y concretarán las materias que a continuación se indican:

- a) Requisitos mínimos que deben reunir las condiciones de trabajo para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores.
- b) Limitaciones o prohibiciones que afectarán a las operaciones, los procesos y las exposiciones laborales a agentes que entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- c) Condiciones o requisitos especiales para cualquiera de los supuestos contemplados en el apartado anterior, tales como la exigencia de un adiestramiento o formación previa o la elaboración de un plan en el que se contengan las medidas preventivas a adoptar.
- d) Procedimientos de evaluación de los riesgos para la salud de los trabajadores, normalización de metodologías y guías de actuación preventiva.
- e) Modalidades de organización, funcionamiento y control de los servicios de prevención, considerando las peculiaridades de las pequeñas empresas con el fin de evitar obstáculos innecesarios para su creación y desarrollo, así como capacidades y aptitudes que deban reunir los mencionados servicios y los trabajadores designados para desarrollar la acción preventiva.
- f) Condiciones de trabajo o medidas preventivas específicas en trabajos especialmente peligrosos, en particular si para los mismos están previstos controles médicos especiales, o cuando se presenten riesgos derivados de determinadas características o situaciones especiales de los trabajadores.
- g) Procedimiento de calificación de las enfermedades profesionales, así como requisitos y procedimientos para la comunicación e información a la autoridad competente de los daños derivados del trabajo.

## **1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES**

### **1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES**

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo. El citado derecho supone la existencia de un correlativo deber del empresario de protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales.

Este deber de protección constituye, igualmente, un deber de las Administraciones públicas respecto del personal a su servicio.

En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo. A estos efectos, en el marco de sus responsabilidades, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la integración de la actividad preventiva en la empresa y la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores.

El empresario desarrollará una acción permanente de seguimiento de la actividad preventiva con el fin de perfeccionar de manera continua las actividades de identificación, evaluación y control de los riesgos que no se hayan podido evitar y los niveles de protección existentes y dispondrá lo necesario para la adaptación de las medidas de prevención a las modificaciones que puedan experimentar las circunstancias que incidan en la realización del trabajo.

El coste de las medidas relativas a la seguridad y la salud en el trabajo no deberá recaer en modo alguno sobre los trabajadores.

### **1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA**

El empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención con arreglo a los siguientes principios generales:

- a) Evitar los riesgos.
- b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- c) Combatir los riesgos en su origen.
- d) Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
- e) Tener en cuenta la evolución de la técnica.

- f) Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- h) Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- i) Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

El empresario tomará en consideración las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y de salud en el momento de encomendarles las tareas.

El empresario adoptará las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.

La efectividad de las medidas preventivas deberá prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador. Para su adopción se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que pudieran implicar determinadas medidas preventivas, las cuales sólo podrán adoptarse cuando la magnitud de dichos riesgos sea sustancialmente inferior a la de los que se pretende controlar y no existan alternativas más seguras.

Podrán concertar operaciones de seguro que tengan como fin garantizar como ámbito de cobertura la previsión de riesgos derivados del trabajo, la empresa respecto de sus trabajadores, los trabajadores autónomos respecto a ellos mismos y las sociedades cooperativas respecto a sus socios cuya actividad consista en la prestación de su trabajo personal.

### 1.2.3. PLAN DE PREVENCIÓN, EVALUACIÓN Y PLANIFICACIÓN.

La prevención de riesgos laborales deberá integrarse en el sistema general de gestión de la empresa, tanto en el conjunto de sus actividades como en todos los niveles jerárquicos de ésta, a través de la implantación y aplicación de un plan de prevención de riesgos laborales.

Este plan de prevención de riesgos laborales deberá incluir la estructura organizativa, las responsabilidades, las funciones, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para realizar la acción de prevención de riesgos en la empresa, en los términos que reglamentariamente se establezcan.

Los instrumentos esenciales para la gestión y aplicación del plan de prevención de riesgos, que podrán ser llevados a cabo por fases de forma programada, son la evaluación de riesgos laborales y la planificación de la actividad preventiva a que se refieren los párrafos siguientes:

- a) El empresario deberá realizar una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores, teniendo en cuenta, con carácter general, la naturaleza de la actividad, las características de los puestos de trabajo existentes y de los trabajadores que deban desempeñarlos. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo. La evaluación inicial tendrá en cuenta aquellas otras actuaciones que deban desarrollarse de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad. La evaluación será actualizada cuando cambien las condiciones de trabajo y, en todo caso, se someterá a consideración y se revisará, si fuera necesario, con ocasión de los daños para la salud que se hayan producido.
- b) Si los resultados de la evaluación prevista pusieran de manifiesto situaciones de riesgo, el empresario realizará aquellas actividades preventivas necesarias para eliminar o reducir y controlar tales riesgos. Dichas actividades serán objeto de planificación por el empresario, incluyendo para cada actividad preventiva el plazo para llevarla a cabo, la designación de responsables y los recursos humanos y materiales necesarios para su ejecución.

El empresario deberá asegurarse de la efectiva ejecución de las actividades preventivas incluidas en la planificación, efectuando para ello un seguimiento continuo de la misma.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario su inadecuación a los fines de protección requeridos.

Las empresas, en atención al número de trabajadores y a la naturaleza y peligrosidad de las actividades realizadas, podrán realizar el plan de prevención de riesgos laborales, la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva de forma simplificada, siempre que ello no suponga una reducción del nivel de protección de la seguridad y salud de los trabajadores y en los términos que reglamentariamente se determinen.

Cuando se haya producido un daño para la salud de los trabajadores o cuando, con ocasión de la vigilancia de la salud prevista en el artículo 22, aparezcan indicios de que las medidas de prevención resultan insuficientes, el empresario llevará a cabo una investigación al respecto, a fin de detectar las causas de estos hechos.

#### 1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN

El empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que los equipos de trabajo sean adecuados para el trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados a tal efecto, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizarlos.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- a) La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- b) Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos cuando, por la naturaleza de los trabajos realizados, sean necesarios.

Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

#### 1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- a) Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo, tanto aquellos que afecten a la empresa en su conjunto como a cada tipo de puesto de trabajo o función.
- b) Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos de participación y representación dirigidas a la mejora de los niveles de protección de la seguridad y la salud en la empresa.

#### 1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES

En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, tanto en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo.

La formación deberá estar centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador, adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos y repetirse periódicamente, si fuera necesario.

#### 1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones



de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

#### 1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE

Cuando los trabajadores estén o puedan estar expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- a) Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas o que, en su caso, deban adoptarse en materia de protección.
- b) Adoptar las medidas y dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y, si fuera necesario, abandonar de inmediato el lugar de trabajo.
- c) Disponer lo necesario para que el trabajador que no pudiera ponerse en contacto con su superior jerárquico, ante una situación de peligro grave e inminente para su seguridad, la de otros trabajadores o la de terceros a la empresa, esté en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

#### 1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo. Esta vigilancia sólo podrá llevarse a cabo cuando el trabajador preste su consentimiento.

De este carácter voluntario sólo se exceptuarán, previo informe de los representantes de los trabajadores, los supuestos en los que la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores o para verificar si el estado de salud del trabajador puede constituir un peligro para el mismo, para los demás trabajadores o para otras personas relacionadas con la empresa o cuando así esté establecido en una disposición legal en relación con la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad.

En todo caso se deberá optar por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

#### 1.2.10. DOCUMENTACIÓN

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación relativa a las obligaciones establecidas en los artículos anteriores:

- a) Plan de prevención de riesgos laborales.
- b) Evaluación de los riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo.
- c) Planificación de la actividad preventiva, incluidas las medidas de protección y de prevención a adoptar y, en su caso, material de protección que deba utilizarse.
- d) Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- e) Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

#### 1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales. A tal fin, establecerán los medios de coordinación que sean necesarios en cuanto a la protección y prevención de riesgos laborales y la información sobre los mismos a sus respectivos trabajadores.

#### 1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS

El empresario garantizará de manera específica la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean especialmente sensibles a los riesgos derivados del trabajo. A tal fin, deberá tener en cuenta dichos aspectos en las evaluaciones de los riesgos y, en función de éstas, adoptará las medidas preventivas y de protección necesarias.

Los trabajadores no serán empleados en aquellos puestos de trabajo en los que, a causa de sus características personales, estado biológico o por su discapacidad física, psíquica o sensorial debidamente reconocida, puedan ellos, los demás trabajadores u otras personas relacionadas con la empresa ponerse en situación de peligro o, en general, cuando se encuentren manifiestamente en estados o situaciones transitorias que no respondan a las exigencias psicofísicas de los respectivos puestos de trabajo.

#### 1.2.13. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- a) Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- b) Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.
- c) No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que ésta tenga lugar.
- d) Informar de inmediato a su superior jerárquico directo, y a los trabajadores designados para realizar actividades de protección y de prevención o, en su caso, al servicio de prevención, acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- e) Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- f) Cooperar con el empresario para que éste pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y no entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.

### **1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN**

#### **1.3.1. PROTECCION Y PREVENCIÓN**

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores y su distribución en la misma.

En las empresas de hasta diez trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones de prevención siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga la capacidad necesaria, en función de los riesgos a que estén expuestos los trabajadores y la peligrosidad de las actividades.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa, en los términos que reglamentariamente se determinen.

### 1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

Los servicios de prevención deberán estar en condiciones de proporcionar a la empresa el asesoramiento y apoyo que precise en función de los tipos de riesgo en ella existentes y en lo referente a:

- a) El diseño, implantación y aplicación de un plan de prevención de riesgos laborales que permita la integración de la prevención en la empresa.
- b) La evaluación de los factores de riesgo que puedan afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores.
- c) La planificación de la actividad preventiva y la determinación de las prioridades en la adopción de las medidas preventivas y la vigilancia de su eficacia.
- d) La información y formación de los trabajadores.
- e) La prestación de los primeros auxilios y planes de emergencia.
- f) La vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos derivados del trabajo.

## **1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES**

### **1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES**

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- a) La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores, derivadas de la elección de los equipos, la determinación y la adecuación de las condiciones de trabajo y el impacto de los factores ambientales en el trabajo.
- b) La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- c) La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- d) Los procedimientos de información y documentación.
- e) El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.
- f) Cualquier otra acción que pueda tener efectos sustanciales sobre la seguridad y la salud de los trabajadores.

### **1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN**

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

## **1.5. RESPONSABILIDADES**

El incumplimiento por los empresarios de sus obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales dará lugar a responsabilidades administrativas, así como, en su caso, a responsabilidades penales y a las civiles por los daños y perjuicios que puedan derivarse de dicho incumplimiento.

Las responsabilidades administrativas que se deriven del procedimiento sancionador serán compatibles con las indemnizaciones por los daños y perjuicios causados y de recargo de prestaciones económicas del sistema de la Seguridad Social que puedan ser fijadas por el órgano competente de conformidad con lo previsto en la normativa reguladora de dicho sistema.

## **2. DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

Según el artículo 6 de la misma serán las normas reglamentarias las que irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Así, son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo existe una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva o de medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

### **3. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

El Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Entendiéndose equipo de trabajo como cualquier máquina, aparato o instalación utilizado en el trabajo.

#### **3.2. OBLIGACIÓN DEL EMPRESARIO**

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.



- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

### **3.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO**

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y, cuando corresponda, estar indicados con una señalización adecuada.

Los órganos de accionamiento deberán estar situados fuera de las zonas peligrosas, salvo, si fuera necesario, en el caso de determinados órganos de accionamiento, y de forma que su manipulación no pueda ocasionar riesgos adicionales. No deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Si fuera necesario, el operador del equipo deberá poder cerciorarse desde el puesto de mando principal de la ausencia de personas en las zonas peligrosas. Si esto no fuera posible, la puesta en marcha deberá ir siempre precedida automáticamente de un sistema de alerta, tal como una señal de advertencia acústica o visual. El trabajador expuesto deberá disponer del tiempo y de los medios suficientes para sustraerse rápidamente de los riesgos provocados por la puesta en marcha o la detención del equipo de trabajo.

Los sistemas de mando deberán ser seguros y elegirse teniendo en cuenta los posibles fallos, perturbaciones y los requerimientos previsibles, en las condiciones de uso previstas.

La puesta en marcha de un equipo de trabajo solamente se podrá efectuar mediante una acción voluntaria sobre un órgano de accionamiento previsto a tal efecto. Lo mismo ocurrirá para la puesta en marcha tras una parada, sea cual fuere la causa de esta última, y para introducir una modificación importante en las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, velocidad, presión, etc.), salvo si dicha puesta en marcha o modificación no presentan riesgo alguno para los trabajadores expuestos o son resultantes de la secuencia normal de un ciclo automático.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad. Cada puesto de trabajo estará provisto de un órgano de accionamiento que permita parar en función de los riesgos existentes, o bien todo el equipo de trabajo o bien una parte del mismo solamente, de forma que dicho equipo quede en situación de seguridad. La orden de parada del equipo de trabajo tendrá prioridad sobre las órdenes de puesta en marcha. Una vez obtenida la parada del equipo de trabajo o de sus elementos peligrosos, se interrumpirá el suministro de energía de los órganos de accionamiento de que se trate.

Si fuera necesario en función de los riesgos que presente un equipo de trabajo y del tiempo de parada normal, dicho equipo deberá estar provisto de un dispositivo de parada de emergencia.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estar estabilizados por fijación o por otros medios. Los equipos de trabajo cuya utilización prevista requiera que los trabajadores se sitúen sobre ellos deberán disponer de los medios adecuados para garantizar que el acceso y permanencia en esos equipos no suponga un riesgo para su seguridad y salud. En particular, salvo en el caso de las escaleras de mano y de los sistemas utilizados en las técnicas de acceso y posicionamiento mediante cuerdas, cuando exista un riesgo de caída de altura de más de dos metros, los equipos de trabajo deberán disponer de barandillas o de cualquier otro sistema de protección colectiva que proporcione una seguridad equivalente. Las barandillas deberán ser resistentes, de una altura mínima de 90 centímetros y, cuando sea necesario para impedir el paso o deslizamiento de los trabajadores o para evitar la caída de objetos, dispondrán, respectivamente, de una protección intermedia y de un rodapiés.

Las escaleras de mano, los andamios y los sistemas utilizados en las técnicas de acceso y posicionamiento mediante cuerdas deberán tener la resistencia y los elementos necesarios de apoyo o sujeción, o ambos, para que su utilización en las condiciones para las que han sido diseñados no suponga un riesgo de caída por rotura o desplazamiento. En particular, las escaleras de tijera dispondrán de elementos de seguridad que impidan su apertura al ser utilizadas.

En los casos en que exista riesgo de estallido o de rotura de elementos de un equipo de trabajo que pueda afectar significativamente a la seguridad o a la salud de los trabajadores deberán adoptarse las medidas de protección adecuadas.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgos de accidente por contacto mecánico deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas o que detengan las maniobras peligrosas antes del acceso a dichas zonas. Los resguardos y los dispositivos de protección:

- Serán de fabricación sólida y resistente.
- No ocasionarán riesgos suplementarios.
- No deberá ser fácil anularlos o ponerlos fuera de servicio.
- Deberán estar situados a suficiente distancia de la zona peligrosa.
- No deberán limitar más de lo imprescindible o necesario la observación del ciclo de trabajo.
- Deberán permitir las intervenciones indispensables para la colocación o la sustitución de las herramientas, y para los trabajos de mantenimiento, limitando el acceso únicamente al sector en el que deba realizarse el trabajo sin desmontar, a ser posible, el resguardo o el dispositivo de protección.

Las zonas y puntos de trabajo o de mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Los dispositivos de alarma del equipo de trabajo deberán ser perceptibles y comprensibles fácilmente y sin ambigüedades.

Todo equipo de trabajo deberá estar provisto de dispositivos claramente identificables que permitan separarlo de cada una de sus fuentes de energía.

El equipo de trabajo deberá llevar las advertencias y señalizaciones indispensables para garantizar la seguridad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores contra los riesgos de incendio, de calentamiento del propio equipo o de emanaciones de gases, polvos, líquidos, vapores u otras sustancias producidas, utilizadas o almacenadas por éste. Los equipos de trabajo que se utilicen en condiciones ambientales climatológicas o industriales agresivas que supongan un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores, deberán estar acondicionados para el trabajo en dichos ambientes y disponer, en su caso, de sistemas de protección adecuados, tales como cabinas u otros.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para prevenir el riesgo de explosión, tanto del equipo de trabajo como de las sustancias producidas, utilizadas o almacenadas por éste.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto con la electricidad. En cualquier caso, las partes eléctricas de los equipos de trabajo deberán ajustarse a lo dispuesto en la normativa específica correspondiente.

Todo equipo de trabajo que entrañe riesgos por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Los equipos de trabajo para el almacenamiento, trasiego o tratamiento de líquidos corrosivos o a alta temperatura deberán disponer de las protecciones adecuadas para evitar el contacto accidental de los trabajadores con los mismos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos. Sus mangos o empuñaduras deberán ser de dimensiones adecuadas, sin bordes agudos ni superficies resbaladizas, y aislantes en caso necesario.

### **3.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MÓVILES**

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

### **3.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACIÓN DE CARGAS**

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

### **3.6. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL.**

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo

vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruido y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

### **3.7. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA**

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilera, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

## **4. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN**

### **4.1. INTRODUCCIÓN**

Es el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción consolidado con la siguiente modificación:

- REAL DECRETO 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

En el Real Decreto 1627/1997 se dicta la obligatoriedad del estudio de seguridad y salud en las obras siempre que se den alguno de los siguientes supuestos:

- a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas.
- b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- d) Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En los proyectos de obra no incluidos en ninguno de los siguientes supuestos indicados, será de obligado cumplimiento la redacción de un estudio básico de seguridad y salud.

### **4.2. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

#### **4.2.1. RIESGOS MÁS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN Y MEDIDAS PREVENTIVAS**

Para el análisis de riesgos se dividirán las obras en una serie de trabajos por especialidades o unidades constructivas, detallándose los riesgos más comunes para cada una de ellas y las medidas preventivas que deberán seguirse.

El siguiente análisis de riesgos podrá ser modificado por cada uno de los contratistas en su propio Plan de Seguridad y Salud, de forma que se adapte a la tecnología de construcción que les sea de aplicación.

- **Movimiento de tierras y cimentaciones:**



Las principales actividades consideradas en esta fase son excavación y cimentación.

○ **Excavación**

Los principales riesgos asociados a esta actividad son:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Atrapamiento por o entre objetos
- Atrapamiento por vuelco de máquinas
- Sobreesfuerzos
- Atropellos o golpes con vehículos
- Contactos eléctricos
- Exposición al ruido
- Proyección de fragmentos o partículas
- Choque contra objetos inmóviles

Las medidas de prevención a aplicar serán:

- Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- En caso de ser necesario, se colocará vallado perimetral de obra alrededor de la misma.
- Se prohibirá trabajar o permanecer observando dentro del radio de acción del brazo de una máquina para el movimiento de tierras.
- En los trabajos de excavación en general se adoptarán las precauciones necesarias para evitar derrumbamientos, según la naturaleza y condiciones del terreno y forma de realizar los trabajos.
- Todas las excavaciones de obra se señalizarán en todo su perímetro con el fin de evitar caídas a distinto nivel. Cuando la profundidad de la excavación sea superior a 2 metros, se deberá proteger mediante el uso de barandillas con suficiente rigidez y estabilidad.

- En caso de presencia de agua en la obra, se procederá de inmediato a su achique, en prevención de alteraciones del terreno que repercutan en la estabilidad de las excavaciones.
- Cuando las zanjas o excavaciones tengan una profundidad superior a 1,5 metros y cuando por las características del terreno exista peligro de derrumbamiento, se llevará a cabo la entibación de la zanja y/o excavación, quedando prohibido llevar a cabo cualquier tipo de trabajo sin realizar esta operación previa.
- Se paralizarán los trabajos a realizar al pie de las entibaciones cuya garantía de estabilidad no sea firme u ofrezca dudas. En este caso, antes de realizar cualquier otro trabajo debe reforzarse o apuntalarse la entibación.
- Se prohibirán los trabajos en la proximidad de postes eléctricos, de telégrafo, etc. cuya estabilidad no quede garantizada antes del inicio de las tareas.
- Deberán eliminarse los árboles, arbustos y matorros cuyas raíces hayan quedado al descubierto, mermando la estabilidad propia y del corte efectuado del terreno.
- Las paredes de la excavación se controlarán cuidadosamente después de grandes lluvias o heladas, desprendimientos o cuando se interrumpa el trabajo por más de un día.
- En presencia de conducciones o servicios subterráneos imprevistos se paralizarán de inmediato los trabajos, dando aviso urgente a la dirección de la obra. Las tareas se reanudarán cuando la dirección de obra lo considere oportuno.
- Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno.
- No se apilarán materiales en zonas de tránsito, retirando los objetos que impidan el paso por las mismas.
- La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de excavación no superior a los 4 metros.

Los equipos de protección individual a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos

- Gafas de protección contra proyección de partículas
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Protecciones auditivas para el personal cuya exposición al ruido supere los niveles permitidos.
- Botas de seguridad con puntera reforzada

- **Cimentación**

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Sobreesfuerzos
- Exposición al ruido

Las medidas de prevención a aplicar serán:

- Antes del inicio de los trabajos se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o desplazamientos del terreno.
- Se deberá revisar el estado de las zanjas a intervalos regulares en aquellos casos en los que puedan recibir empujes por proximidad de caminos transitados por vehículos y en especial si en la proximidad se establecen tajos con uso de martillos neumáticos, compactaciones por vibración o paso de maquinaria para el movimiento de tierras.
- Cuando la profundidad de la zanja o excavación sea igual o superior a los dos metros, se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria situada a una distancia mínima de 2 metros del borde.
- Se dispondrán pasarelas de madera de 60 centímetros de anchura, bordeados con barandillas sólidas de 90 centímetros de altura y una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.

- Mientras se está realizando el vertido del hormigón, se vigilarán los encofrados y se reforzarán los puntos débiles. En caso de fallo, lo más recomendable es parar el vertido y no reanudarlo hasta que el comportamiento del encofrado sea el requerido.
- Las zonas de trabajo dispondrán de acceso fácil y seguro y se mantendrán en todo momento limpias y ordenadas, tomándose las medidas necesarias para que el suelo no esté o no resulte peligroso.
- Si los trabajos requieren iluminación, se efectuará mediante torretas aisladas con toma de tierra en las que se instalarán proyectores de intemperie alimentados a través de un cuadro eléctrico general de la obra.
- Si los trabajos requieren iluminación portátil, ésta se realizará mediante lámparas a 24 voltios. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora, carcasa y mango aislados eléctricamente.
- Los pozos de cimentación y zanjas estarán correctamente señalizados para evitar caídas a distinto nivel del personal de obra.
- La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de cimentación no superior a los 4 metros.
- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón, para evitar el riesgo de caídas de las mismas a otro nivel.
- Todas las máquinas accionadas eléctricamente tendrán sus correspondientes protecciones a tierra e interruptores diferenciales, manteniendo en buen estado todas las conexiones y cables.
- Las conexiones eléctricas se efectuarán mediante mecanismos estancos de intemperie.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigoneras durante el retroceso.

- Se instalará un cable de seguridad amarrado a puntos sólidos en el que enganchar el mosquetón del arnés de seguridad en los tajos de riesgo de caída en altura.

Los equipos de protección individual a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra proyección de partículas
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Guantes de goma para el trabajo con el hormigón
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada en acero
- Protecciones auditivas para el personal cuya exposición al ruido supere los niveles permitidos
- Ropa de protección para el mal tiempo

#### ○ **Hormigonado**

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por vuelco de maquinaria o vehículos
- Sobreesfuerzos
- Exposición a sustancias nocivas (dermatosis, por contacto de la piel con el cemento, neuroconiosis, por la aspiración del polvo del cemento)

Las medidas de prevención a aplicar serán:

- Vertido directo mediante canaleta:

Previamente al inicio del vertido del hormigón, directamente con el camión hormigonera, se instalarán fuertes topes en el lugar donde haya de quedar situado el camión, siendo conveniente no estacionarlo en rampas con pendientes fuertes, para evitar posibles vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigonera a menos de 2 metros de la excavación.

Los operarios nunca se situarán detrás de los vehículos en maniobras de marcha atrás que, por otra parte, siempre deberán ser dirigidos desde fuera del vehículo. Tampoco se situarán en el lugar del hormigonado hasta que el camión hormigonero no esté situado en posición de vertido.

Se instalarán barandillas sólidas al frente de la excavación protegiendo el tajo de vía de la canaleta.

Se colocarán escaleras reglamentarias para facilitar el paso seguro del personal encargado de montar, desmontar y realizar trabajos con la canaleta de vertido de hormigón por taludes hasta los cimientos.

La maniobra de vertido será dirigida por el encargado que vigilará que no se realicen maniobras inseguras.

- Vertido mediante bombeo:

El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado la realización de este tipo de trabajos.

La tubería de la bomba de hormigonado se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

La manguera terminal de vertido será gobernada por un mínimo de dos operarios, para evitar caídas por movimiento incontrolado de la misma.

Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie, se establecerá un camino de tablonos seguro sobre los que se apoyarán los operarios que gobiernen el vertido de la manguera.

El manejo del montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado será dirigido por un operario especialista para evitar accidentes por tapones y sobrepresiones internas.

Antes de iniciar el bombeo del hormigón se deberá preparar el conducto enviando masas de mortero de dosificación, para evitar los atoramientos o tapones.

Se prohíbe introducir o accionar la pelota de limpieza sin antes instalar la redcilla de recogida a la salida de la manguera tras el recorrido total del circuito.

En caso de detención de la bola, se paralizará la máquina, se reducirá la presión a cero y se desmontará a continuación la tubería.

Los operarios amarrarán la manguera terminal antes de iniciar el paso de la pelota de limpieza a elementos sólidos, apartándose del lugar antes de iniciarse el proceso.

Se revisarán periódicamente los circuitos de aceite de la bomba de hormigón, cumpliendo el libro de mantenimiento, que será presentado a requerimiento de la dirección.

Todas las máquinas accionadas eléctricamente tendrán sus correspondientes protecciones a tierra e interruptores diferenciales, manteniendo en buen estado todas las conexiones y cables.

Las conexiones eléctricas se efectuarán mediante mecanismos estancos de intemperie.

Siempre que resulte obligado realizar trabajos simultáneos en diferentes niveles superpuestos, se protegerá a los operarios situados en niveles inferiores, con redes viseras o elementos de protección equivalentes que impidan que estos sean alcanzados por objetos que puedan caer desde niveles superiores.

Las zonas de trabajo dispondrán de acceso fácil y seguro y se mantendrán en todo momento limpias y ordenadas, tomándose las medidas necesarias para que el piso no esté o resulte peligroso.

Los equipos de protección individual a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra la proyección de partículas
- Guantes de trabajo
- Botas de goma para el trabajo con el hormigón
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada en acero
- Ropa de protección para el mal tiempo

○ **Encofrado y desencofrado**

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Derrumbamientos

Las medidas de prevención a aplicar serán:

- Los encofrados sólo se podrán montar o desmontar bajo vigilancia, control y dirección de una persona competente.
- Los encofrados, los soportes temporales y los apuntalamientos deberán proyectarse, calcularse, montarse y mantenerse de manera que puedan soportar sin riesgo las cargas a que sean sometidas.
- El acopio de madera, tanto nueva como usada, así como de encofrados metálicos, deberá ocupar el menor espacio posible, estando debidamente clasificada y no estorbando en los accesos y zonas de paso.
- Se advertirá del riesgo de caída a distinto nivel al personal que deba caminar sobre el entablado.
- Se recomienda evitar pisar por los tableros excesivamente alabeados, que deberán desecharse de inmediato antes de su utilización.
- Se recomienda caminar apoyando los pies en dos tableros diferentes a la vez, es decir, sobre juntas.
- El desprendimiento de los tableros se ejecutará mediante uña metálica, realizando la operación desde una zona ya desencofrada.
- No se podrá dar por terminada la operación de desencofrar un tablón, mientras en el mismo sigan quedando clavos o puntas.
- Los clavos existentes en la madera ya usada, se sacarán inmediatamente después del desencofrado, retirando lo que pudiera haber quedado suelto por el suelo mediante barrido y apilado.



- Concluido el desencofrado, se apilarán los tableros ordenadamente para su transporte sobre las bateas emplintadas, sujetas con sogas atadas.
- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón o se empleará una bolsa portaherramientas.
- Los puntales metálicos deformados se retirarán del uso sin intentar enderezarlos para su reutilización.

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos
- Gafas de protección contra impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

○ **Forjados y cubiertas**

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos en manipulación
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por vuelco de maquinaria o vehículos
- Sobreesfuerzos

Las medidas de prevención a aplicar serán:

- El izado de vigas prefabricadas se realizará suspendiendo la carga de dos puntos de forma que la carga permanezca estable.
- Los huecos del forjado permanecerán siempre tapados para evitar el riesgo de caídas a distinto nivel.

- El acceso a la cubierta y plantas superiores, si existiesen, se llevará a cabo mediante el uso de escaleras de mano, que sobresaldrán un metro por encima del punto de apoyo de las mismas.
- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón o se empleará una bolsa portaherramientas.
- Todos los huecos de la planta se encontrarán protegidos con barandillas de material rígido, de una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de protecciones que impidan el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos a diferentes niveles.
- Para trabajos en cubierta con riesgo de caídas a distinto nivel se deberá proteger todo el perímetro de la misma mediante el uso de barandillas rígidas con listón superior a 90 cm, intermedio a 45cm y rodapiés a 15 cm, y se instalará una línea de vida a la que permanecerán permanentemente amarrados los operarios mediante el uso del arnés de seguridad.
- Se prohíbe concentrar cargas de hormigón en un sólo punto. El vertido se realizará extendiendo el hormigón con suavidad, sin descargas bruscas y en superficies amplias.

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra la proyección de partículas
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Arnés de sujeción, cuerdas o cables salvavidas
- Cinturón de banda ancha de cuero para protección de las vértebras dorso lumbares
- Ropa de protección para el mal tiempo

○ **Trabajos de albañilería**

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación

- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes por objetos o herramientas
- Sobreesfuerzos
- Contactos eléctricos
- Proyección de fragmentos o partículas

Las medidas de prevención a aplicar son:

- Se comprobará al comienzo de cada jornada el estado de los medios auxiliares que van a ser utilizados en los trabajos.
- Los tajos estarán convenientemente iluminados. De no ser así se instalarán fuentes de luz adicionales, con rejilla de protección y una tensión de alimentación de 24 voltios.
- Las operaciones de carga, descarga y traslado, ya sea manual, como mecánicamente, se realizarán siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Los medios auxiliares serán instalados siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Se pondrá especial atención en la utilización de las herramientas cortantes. No obstante, se seguirán las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- El lugar de trabajo se mantendrá ordenado, limpio y señalizado en todo momento, así como el lugar destinado al almacenamiento de materiales.
- Cuando se vaya a proceder a la colocación de peldaños o rodapiés en las escaleras, se acotarán los pisos inferiores de las zonas donde se esté trabajando, para evitar que circule nadie por lugares con riesgo de caída de objetos.
- Las máquinas herramientas seguirán las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos

- Gafas de protección contra la proyección de fragmento o partículas
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Bolsa portaherramientas
- Ropa de trapajo para el mal tiempo

- **Manipulación manual de cargas**

Se entenderá por manipulación manual de cargas cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, así como el levantamiento, colocación, empuje, tracción o desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, particularmente dorsolumbares, para los trabajadores.

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Pisadas sobre objetos
- Choque contra objetos inmóviles
- Golpes por objetos o herramientas
- Sobreesfuerzos

Medidas de prevención a aplicar

- Para levantar una carga hay que aproximarse a ella. El centro de gravedad del operario deberá estar lo más próximo que sea posible y por encima del centro de gravedad de la carga.
- El equilibrio imprescindible para levantar una carga correctamente, sólo se consigue si los pies están bien situados:
  - Enmarcando la carga
  - Ligeramente separados
  - Ligeramente adelantado uno respecto del otro.
- Técnica segura del levantamiento:
  - Situar el peso cerca del cuerpo.
  - Mantener la espalda plana.
  - No doblar la espalda mientras levanta la carga.
  - Usar los músculos más fuertes, como son los de los brazos, piernas y muslos.

- Coger mal un objeto para levantarlo provoca una contracción involuntaria de los músculos de todo el cuerpo. Para sentir mejor un objeto al cogerlo, lo correcto es hacerlo con la palma de la mano y la base de los dedos. Para cumplir este principio y tratándose de objetos pesados, se puede, antes de cogerlos, prepararlos sobre calzos para facilitar la tarea de meter las manos y situarlas correctamente.
- Las cargas deberán levantarse manteniendo la columna vertebral recta y alineada.
- Para mantener la espalda recta se deberán “meter” ligeramente los riñones y bajar ligeramente la cabeza.
- El arquear la espalda entraña riesgo de lesión en la columna, aunque la carga no sea demasiado pesada.
- La torsión del tronco, sobre todo si se realiza mientras se levanta la carga, puede igualmente producir lesiones.
- En este caso, es preciso descomponer el movimiento en dos tiempos: primero levantar la carga y luego girar todo el cuerpo moviendo los pies a base de pequeños desplazamientos. O bien, antes de elevar la carga, orientarse correctamente en la dirección de marcha que luego tomaremos, para no tener que girar el cuerpo.
- Se utilizarán los músculos de las piernas para dar el primer impulso a la carga que vamos a levantar. Para ello flexionaremos las piernas, doblando las rodillas, sin llegar a sentarnos en los talones, pues entonces resulta difícil levantarse (el muslo y la pantorrilla deben formar un ángulo de más de 90°).
- Los músculos de las piernas deberán utilizarse también para empujar un vehículo, un objeto, etc.
- En la medida de lo posible, los brazos deberán trabajar a tracción simple, es decir, estirados. Los brazos deberán mantener suspendida la carga, pero no elevarla.
- La carga se llevará de forma que no impida ver lo que tenemos delante de nosotros y que estorbe lo menos posible al andar de forma natural.

- En el caso de levantamiento de un bidón o una caja, se conservará un pie separado hacia atrás, con el fin de poderse retirar rápidamente en caso de que la carga bascule.
- Para transportar una carga, ésta deberá mantenerse pegada al cuerpo, sujetándola con los brazos extendidos, no flexionados.
- Este proceder evitará la fatiga inútil que resulta de contraer los músculos del brazo, que obliga a los bíceps a realizar un esfuerzo de quince veces el peso que se levanta.
- La utilización del peso de nuestro propio cuerpo para realizar tareas de manutención manual permitirá reducir considerablemente el esfuerzo a realizar con las piernas y brazos.
- El peso del cuerpo puede ser utilizado:
  - Empujando para desplazar un móvil (carretilla por ejemplo), con los brazos extendidos y bloqueados para que nuestro peso se transmita íntegro al móvil.
  - Tirando de una caja o un bidón que se desea tumbar, para desequilibrarlo.
  - Resistiendo para frenar el descenso de una carga, sirviéndonos de nuestro cuerpo como contrapeso.
- En todas estas operaciones deberá ponerse cuidado en mantener la espalda recta.
- Para levantar una caja grande del suelo, el empuje deberá aplicarse perpendicularmente a la diagonal mayor, para que la caja pivote sobre su arista.
- Si el ángulo formado por la dirección de empuje y la diagonal es mayor de  $90^\circ$ , lo que conseguimos hacer será deslizar a la caja hacia adelante, pero nunca levantarla.
- Para depositar en un plano inferior algún objeto que se encuentre en un plano superior, se aprovechará su peso y nos limitaremos a frenar su caída.
- Para levantar una carga que luego va a ser depositada sobre el hombro, deberán encadenarse las operaciones, sin pararse, para aprovechar el impulso que hemos dado a la carga para despegarla del suelo.
- Las operaciones de manutención en las que intervengan varias personas deberán excluir la improvisación, ya que una falsa maniobra de uno de los porteadores puede lesionar a varios.

- Deberá designarse un jefe de equipo que dirigirá el trabajo y que deberá atender a:
  - La evaluación del peso de la carga a levantar para determinar el número de portadores precisos, el sentido del desplazamiento, el recorrido a cubrir y las dificultades que puedan surgir.
  - La determinación de las fases y movimientos de que se compondrá la maniobra.
  - La explicación a los portadores de los detalles de la operación (ademanos a realizar, posición de los pies, posición de las manos, agarre, hombro a cargar, cómo pasar bajo la carga, etc.)
  - La situación de los portadores en la posición de trabajo correcta, reparto de la carga entre las personas según su talla (los más bajos delante en el sentido de la marcha).
- El transporte se deberá efectuar:
  - Estando el portador de detrás ligeramente desplazado con respecto al de delante, para facilitar la visibilidad de aquél.
  - A contrapié, (con el paso desfasado), para evitar las sacudidas de la carga.
  - Asegurando el mando de la maniobra; será una sola persona (el jefe de la operación), quién dé las órdenes preparatorias, de elevación y transporte.
- Se mantendrán libres de obstáculos y paquetes los espacios en los que se realiza la toma de cargas.
- Los recorridos, una vez cogida la carga, serán lo más cortos posibles.
- Nunca deberán tomarse las cajas o paquetes estando en situación inestable o desequilibrada.
- Será conveniente preparar la carga antes de cogerla.
- Se aspirará en el momento de iniciar el esfuerzo.
- El suelo se mantendrá limpio para evitar el riesgo de caídas al mismo nivel.
- Si los paquetes o cargas pesan más de 50 Kg., aproximadamente, la operación de movimiento manual se realizará por dos operarios.
- En cada hora de trabajo deberá tomarse algún descanso o pausa.

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

○ **Transporte de material**

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choque contra objetos móviles/inmóviles
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Contactos eléctricos
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Atropellos o golpes con vehículos

Medidas de prevención a aplicar

- El vehículo de transporte sólo será utilizado por personal capacitado.
- No se transportarán pasajeros fuera de la cabina.
- Se subirá y bajará del vehículo de transporte de forma frontal.
- El conductor se limpiará el barro adherido al calzado, antes de subir al vehículo de transporte, para que no resbalen los pies sobre los pedales.
- Los caminos de circulación interna de la obra se cuidarán en previsión de barrizales excesivos que mermen la seguridad de la circulación.
- La caja será bajada inmediatamente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha.
- En todo momento se respetarán las normas marcadas en el código de circulación vial, así como la señalización de la obra.
- Si tuviera que parar en rampa, el vehículo quedará frenado y calzado con topes.



- La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.
- Durante las operaciones de carga, el conductor permanecerá, o bien dentro de la cabina, o bien alejado del radio de acción de la máquina que efectúe la misma.
- Cualquier operación de revisión con la caja levantada se hará impidiendo su descenso mediante enclavamiento.
- Las maniobras dentro del recinto de la obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas y auxiliándose del personal de obra.

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad (cuando abandonen la cabina)
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos
- Gafas de protección contra ambiente pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

#### ○ **Acabados**

Los trabajos que comprenden esta fase de obra son aquellos relacionados con trabajos de carpintería, cerrajería, vidriería, solados, alicatados y revestimientos.

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Sobreesfuerzos
- Contactos eléctricos

Las medidas de prevención a aplicar son:

- Se comprobará el estado de los medios auxiliares empleados en los trabajos al comienzo de cada jornada.

- Los vidrios de grandes dimensiones se montarán con ayuda de ventosas.
- En las operaciones de almacenamiento, transporte y colocación, los vidrios se mantendrán en posición vertical.
- La colocación y montaje de los vidrios se realizará desde la parte interior de las estructuras de los edificios.
- Los fragmentos de vidrio o recortes realizados se retirarán inmediatamente de las inmediaciones del lugar de trabajo, así como de las zonas de paso.
- Los tajos estarán convenientemente iluminados. De no ser así se instalarán fuentes de luz adicionales, con rejilla de protección y una tensión de alimentación de 24 voltios.
- Las operaciones de carga, descarga y traslado, ya sea manual, como mecánicamente, se realizarán siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Los medios auxiliares serán instalados siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Se pondrá especial atención a la utilización de las herramientas cortantes. No obstante, se seguirán las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- El lugar de trabajo se mantendrá limpio y señalizado, lo mismo que el destinado al corte de cristales, cerámica, etc y el lugar de almacenamiento de materiales.
- Cuando se vaya a proceder a la colocación de peldaños o rodapiés en las escaleras, se acotarán los pisos inferiores de las zonas donde se esté trabajando, para evitar que circule nadie por lugares con riesgo de caída de objetos.
- Las herramientas de corte se encontrarán en perfecto estado de mantenimiento.
- Las máquinas herramientas siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos
- Gafas contra la proyección de fragmento o partículas
- Guantes de trabajo

- Guantes contra las agresiones de pinchazos o cortes para los cristaleros
- Guantes de goma contra las agresiones del cemento para los soladores
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trapajo para el mal tiempo
- Bolsa portaherramientas para el material

○ **Trabajos próximos a elementos en tensión**

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Contactos eléctricos directos
- Contactos eléctricos indirectos
- Electrocuciiones
- Incendios

Medidas de prevención a aplicar:

- Todos los trabajos se realizarán según lo establecido en el Real Decreto 614/01, de 8 de Junio, y actualizaciones posteriores, sobre disposiciones mínimas para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Se define como trabajador autorizado aquel el trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta.
- Se define trabajador cualificado como el trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años.
- Todo trabajo en las proximidades de líneas eléctricas o elementos en tensión será ordenado y dirigido por el jefe del trabajo (que será un trabajador cualificado), el cual será el responsable de que se cumplan las distancias de seguridad, y podrán ser realizados por trabajadores autorizados.
- Cuando se utilicen grúas o aparatos elevadores, se respetarán las distancias mínimas de seguridad, para evitar no sólo el contacto sino también la excesiva cercanía a líneas con tensión (según criterios del R.D. 614/2001, Anexo V,

Trabajos en Proximidad). El personal que no opere estos equipos, permanecerá alejado de ellos.

- En trabajos en líneas, se colocarán tantos equipos de puesta a tierra y en cortocircuito como posibles fuentes de tensión confluyan en el lugar de trabajo, siendo estos equipos de Puesta a Tierra de características adecuadas a la tensión de la línea, según criterios del R.D. 614/2001.
- Es obligatorio el uso de equipos de protección adecuados al riesgo de cada trabajo, tales como: banquetas o alfombrillas aislantes, pértigas, guantes, casco, pantalla facial, herramienta aislada, así como cualquier otro elemento de protección, tanto individual como colectivo, homologado.
- Cuando en la proximidad de los trabajos haya partes activas, se aislarán convenientemente mediante vainas, capuchones, mantas aisladas, etc... en todos los conductores, incluido el neutro.
- Mantener las distancias de seguridad para trabajar próximos a líneas eléctricas o elementos en tensión.
- Delimitar la zona de trabajo respecto a las zonas de peligro mediante la colocación de obstáculos o gálibos cuando exista el menor riesgo de que puedan ser invadidas, aunque sea sólo de forma accidental. Esta señalización se colocará antes de iniciar los trabajos.
- Informar a los trabajadores directa o indirectamente implicados, de los riesgos existentes, la situación de los elementos en tensión, los límites de la zona de trabajo y cuantas precauciones y medidas de seguridad deban adoptar para no invadir la zona de peligro, comunicándoles la necesidad de que ellos, a su vez, informen sobre cualquier circunstancia que muestre la insuficiencia de las medidas adoptadas.

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra arco eléctrico
- Guantes de trabajo
- Guantes dieléctricos para alta y baja tensión
- Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- **Colocación de soportes y embarrados**

Los riesgos más frecuentes son:

- Caídas al distinto nivel.
- Choques o golpes.
- Proyección de partículas.
- Contacto eléctrico indirecto.

Las medidas preventivas a aplicar son:

- Verificar que las plataformas de trabajo son las adecuadas y que dispongan de superficies de apoyo en condiciones.
  - Verificar que las escaleras portátiles disponen de los elementos antideslizantes.
  - Disponer de iluminación suficiente.
  - Dotar de las herramientas y útiles adecuados.
  - Dotar de la adecuada protección personal para trabajos mecánicos y velar por su utilización.
  - Las herramientas eléctricas portátiles serán de doble aislamiento y su conexión se efectuará a un cuadro eléctrico dotado con interruptor diferencial de alta sensibilidad.
- **Montaje de Celdas Prefabricadas o aparamenta, Transformadores de potencia y Cuadros de B.T.**

Los riesgos más frecuentes son:

- Atrapamientos contra objetos.
- Caídas de objetos pesados.
- Esfuerzos excesivos.
- Choques o golpes.

Las medidas de prevención a aplicar son:

- Verificar que nadie se sitúe en la trayectoria de la carga.
- Revisar los ganchos, grilletes, etc., comprobando si son los idóneos para la carga a elevar.
- Comprobar el reparto correcto de las cargas en los distintos ramales del cable.
- Dirigir las operaciones por el jefe del equipo, dando claramente las instrucciones que serán acordes con el R.D.485/1997 de señalización.
- Dar órdenes de no circular ni permanecer debajo de las cargas suspendidas.
- Señalizar la zona en la que se manipulen las cargas.

- Verificar el buen estado de los elementos siguientes:
  - Cables, poleas y tambores
  - Mandos y sistemas de parada.
  - Limitadores de carga y finales de carrera.
  - Frenos.
- Dotar de la adecuada protección personal para manejo de cargas y velar por su utilización.
- Ajustar los trabajos estrictamente a las características de la grúa (carga máxima, longitud de la pluma, carga en punta contrapeso). A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- La carga será observada en todo momento durante su puesta en obra, bien por el señalista o por el enganchador.

- **Operaciones de puesta en tensión**

Los riesgos más frecuentes son:

- Contacto eléctrico en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes.

Las medidas de prevención a aplicar son:

- Coordinar con la Empresa Suministradora definiendo las maniobras eléctricas necesarias.
- Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión.
- Comprobar en el punto de trabajo la ausencia de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Señalizar la zona de trabajo a todos los componentes de grupo de la situación en que se encuentran los puntos en tensión más cercanos.
- Dotar de la adecuada protección personal y velar por su utilización.

#### 4.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilera metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo están en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío.

Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.



#### 4.2.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

## **5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL**

### **5.1. INTRODUCCIÓN**

El Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Se entiende por objeto de protección individual cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

### **5.2. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO**

El empresario estará obligado a:

- Determinar los puestos de trabajo en los que deba recurrirse a la protección individual.
- Elegir los equipos de protección individual, manteniendo disponible en la empresa o centro de trabajo la información pertinente a este respecto y facilitando información sobre cada equipo.
- Proporcionar gratuitamente a los trabajadores los equipos de protección individual que deban utilizar, reponiéndolos cuando resulte necesario.
- Velar por que la utilización de los equipos se realice adecuadamente.
- Asegurar el mantenimiento de los equipos.

### **5.3. PRINCIPALES EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL:**

#### **5.3.1. PROTECTORES DE LA CABEZA**

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

### 5.3.2. PROTECTORES DE MANO Y BRAZOS

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

### 5.3.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

### 5.3.4. PROTECTORES DEL CUERPO

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

### 5.3.5. EQUIPOS ADICIONALES DE PROTECCIÓN PARA TRABAJOS EN LA PROXIMIDAD DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN

- Casco de protección aislante clase E-AT.
- Guantes aislantes clase IV.
- Banqueta aislante de maniobra clase II-B o alfombra aislante para A.T.
- Pértiga detectora de tensión (salvamento y maniobra).
- Traje de protección de menos de 3 kg, bien ajustado al cuerpo y sin piezas descubiertas eléctricamente conductoras de la electricidad.
- Gafas de protección.

- Insuflador boca a boca.
- Tierra auxiliar.
- Esquema unifilar
- Placa de primeros auxilios.
- Placas de peligro de muerte y E.T.
- Material de señalización y delimitación (cintas, señales, etc).

# PRESUPUESTO

---

## ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

---

<b>1. RED SUBTERRANEA DE BAJA TENSIÓN.....</b>	<b>251</b>
<b>2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS.....</b>	<b>253</b>
<b>3. RED MEDIA TENSIÓN.....</b>	<b>255</b>
<b>4. RED DE ALUMBRADO .....</b>	<b>257</b>
<b>5. TOTAL DEL PRESUPUESTO.....</b>	<b>259</b>

## 1. RED SUBTERRANEA DE BAJA TENSION

Ud.	Descripción del material	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
m <sup>3</sup>	<b><i>Excavación de zanjas para instalaciones</i></b> Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla blanda, con medios mecánicos, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	754	16,93	12.765,22
m <sup>3</sup>	<b><i>Relleno de zanjas con tierra para instalaciones</i></b> Formación de relleno principal de zanjas para instalaciones, con tierra seleccionada procedente de la propia excavación y compactación en tongadas sucesivas de 20 cm de espesor máximo con bandeja vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501 (ensayo no incluido en este precio). Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación, carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos.	377	6,44	2.427,88
m	<b><i>Instalación línea subterránea de distribución de baja tensión en canalización entubada bajo calzada.</i></b> Instalación de línea subterránea de distribución de baja tensión en canalización entubada bajo calzada. Se instala sobre solera de hormigón no estructural HNE-15/B/20 de 5 cm de espesor y posterior relleno con el mismo hormigón hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería, sin incluir la excavación ni el posterior relleno principal de las zanjas ni tubo ni los cables. Incluye hilo guía y cinta de señalización. Totalmente montada, conexionada y probada.	54	16,67	900,18
m	<b><i>Línea subterránea de distribución de baja tensión directamente enterrada bajo acera.</i></b> Instalación de línea subterránea de distribución de baja tensión directamente enterrada colocados sobre cama o lecho de arena de 10 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de los cables, sin incluir la excavación ni el posterior relleno principal de las zanjas ni los cables. Incluyo placa de protección y cinta de señalización. Totalmente montada, conexionada y probada.	1.023	13,63	13.943,49
m	<b><i>Conductores línea baja tensión</i></b> Incluye: 3xCable unipolar RV, no propagador de la llama, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4. 1xCable unipolar RV, no propagador de la llama, con conductor de aluminio clase 2 de 150 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	4.673	29,85	139.489,05
m	<b><i>Tubo articulado diámetro 225 mm.</i></b> Tubo curvable corrugado de PVC, de 225 mm de diámetro nominal, aislante y no propagador de la llama, resistencia al impacto de 15 J, resistencia a compresión de 250 N, para canalizaciones enterradas.	1.026	6,74	6.915,24

Ud.	Descripción del material	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Ud	<b><i>Arqueta de conexión eléctrica</i></b> Suministro y montaje de arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 60x60x60 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN, con marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 69,5x68,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN. Incluso conexiones de tubos y remates. Completamente terminada, sin incluir la excavación ni el relleno del trasdós.	100	95,06	9.506,00
Ud	<b><i>Armario prefabricado monobloque Adelec modelo APL 50.</i></b> Se trata de un armario prefabricado monobloque más peana, con puerta metálica con capacidad para albergar una caja de medida, una caja de seccionamiento y equipo de media. Especificado en la Memoria. Incluye precio de montaje instalación, caja de seccionamiento, caja de protección 400BUC esquema 9 y equipo de medida.	64	4.726,00	302.464,00

**TOTAL RED BAJA TENSIÓN: 488.411,06 €**



## 2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS

Ud.	Descripción del material	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Ud	<b>Edificio de Transformación: PFU-5/20</b> Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo PFU-5/20, de dimensiones generales aproximadas 6080 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3045 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202, transporte, montaje y accesorios.	4	11.825,00	47.300,00
Ud	<b>Entrada/ Salida: CGMCOSMOS-L</b> Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL. Se incluye el montaje y conexión.	8	2.850,00	22.800,00
Ud	<b>Protección Transformador: CGMCOSMOS-P</b> Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL. Se incluyen el montaje y conexión.	8	3.725,00	29.800,00
Ud	<b>Puentes MT Transformador 1: Cables MT 12/20 kV</b> Cables MT 12/20 kV del tipo RHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones ELASTIMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR.	4	1.175,00	4.700,00
Ud	<b>Puentes MT Transformador 2: Cables MT 12/20 kV</b> Cables MT 12/20 kV del tipo RHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones ELASTIMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR. En el otro extremo son del tipo enchufable recta y modelo K152SR.	4	1.175,00	4.700,00
Ud	<b>Transformador aceite 24 kV</b> Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 9,5 - 16,455 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de +/- 5%, +/- 2,5%.	8	13.175,00	105.400,00
Ud	<b>Cuadros BT: CBTO</b> Cuadro de Baja Tensión Optimizado CBTO-C, con 8 salidas con fusibles salidas trifásicas con fusibles en bases ITV, y demás características descritas en la Memoria.	8	2.975,00	23.800,00
Ud	<b>Puentes BT</b> Juego de puentes de cables de BT, de sección y material Al (Polietileno Reticulado) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro de 3,0 m de longitud.	8	1.050,00	8.400,00
Ud	<b>Tierras exteriores protección transformación: Anillo rectangular</b> Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro. Características: <ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría: Anillo rectangular</li> <li>Profundidad: 0,5 m</li> </ul>	4	1.285,00	5.140,00

Ud.	Descripción del material	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de picas: cuatro</li> <li>Longitud de picas: 2 metros</li> <li>Dimensiones del rectángulo: 7,0x2,5m</li> </ul>			
Ud	<p><b>Tierras Exteriores Serv Transformación: Picas alineadas</b>  Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección.  Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Geometría: Picas alineadas</li> <li>Profundidad: 0,5 m</li> <li>Número de picas: dos</li> <li>Longitud de picas: 2 metros</li> <li>Distancia entre picas: 3 metros</li> </ul>	4	630,00	2.520,00
Ud	<p><b>Tierras interiores protección transformación: Inst. interior tierras</b>  Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás apartada de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora.</p>	4	925,00	3.700,00
Ud	<p><b>Tierras interiores servicio transformación: Inst. interior tierras</b>  Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora.</p>	4	925,00	3.700,00
Ud	<p><b>Defensa transformador: Protección física transformador</b>  Protección metálica para defensa del transformador.</p>	8	233,00	1.864,00
Ud	<p><b>Iluminación: Equipo de iluminación</b>  Equipo de iluminación compuesto de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT.</li> <li>Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.</li> </ul>	4	600,00	2.400,00
Ud	<p><b>Maniobra de transformación: Equipo de seguridad y maniobra</b>  Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Banquillo aislante</li> <li>Par de guantes de amianto</li> <li>Extintor de eficacia 89B</li> <li>Una palanca de accionamiento</li> <li>Armario de primeros auxilios</li> </ul>	4	700,00	2.800,00

**TOTAL CENTROS DE TRANSFORMACIÓN: 265.324,00 €**

### 3. RED MEDIA TENSIÓN

Ud.	Descripción del material	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
m <sup>3</sup>	<b><i>Excavación de zanjas para instalaciones</i></b> Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla blanda, con medios mecánicos, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	759	16,93	12.849,87
m <sup>3</sup>	<b><i>Relleno de zanjas con tierra para instalaciones</i></b> Formación de relleno principal de zanjas para instalaciones, con tierra seleccionada procedente de la propia excavación y compactación en tongadas sucesivas de 20 cm de espesor máximo con bandeja vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501 (ensayo no incluido en este precio). Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación, carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos.	531,3	6,44	3.421,57
m	<b><i>Línea subterránea de 15 kV directamente enterrada bajo acera.</i></b> Suministro e instalación de línea subterránea de 15 kV directamente enterrada formada por 3 cables unipolares con conductor de aluminio, HEPRZ1 de 240 mm <sup>2</sup> de sección, colocados sobre cama o lecho de arena de 5 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de los cables, sin incluir la excavación ni el posterior relleno principal de las zanjas. Incluso placa de protección y cinta de señalización. Totalmente montada, conexiónada y probada. No incluye cables.	730	19,54	14.264,20
m	<b><i>Línea subterránea de 15 kV en canalización entubada bajo calzada.</i></b> Suministro e instalación de línea subterránea de 15 kV en canalización entubada bajo calzada formada por 3 cables unipolares, con conductor de aluminio, HEPRZ1, de 240 mm <sup>2</sup> de sección y dos tubos protectores de polietileno de doble pared, de 225 mm de diámetro, resistencia a compresión mayor de 450 N, suministrado en rollo, colocado sobre solera de hormigón no estructural HNE-15/B/20 de 5 cm de espesor y posterior relleno con el mismo hormigón hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería, sin incluir la excavación ni el posterior relleno principal de las zanjas. Incluso hilo guía y cinta de señalización. Totalmente montada, conexiónada y probada. No incluye precio de cable y tubo.	29	19,41	562,89
m	<b><i>Conductor línea media tensión</i></b> 3xCable unipolar HEPRZ1, con conductor de aluminio clase 2 de 240 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), pantalla de corona de hilos de cobre y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos (Z1), siendo su tensión asignada de 12/20 kV. Según UNE-HD 620-9E.	1.110	73,62	81.718,20
m	<b><i>Tubo curvable de 160 mm</i></b> Suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 160 mm de diámetro	62	8,27	530,74

Ud.	Descripción del material	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
	nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 40 julios, con grado de protección IP 549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.			

**TOTAL RED MEDIA TENSIÓN: 113.347,47 €**

#### 4. RED DE ALUMBRADO

Ud.	Descripción del material	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
m	<b><i>Cableado para red subterránea de alumbrado público.</i></b> Suministro e instalación de cableado para red subterránea de alumbrado público, formado por cable tetrapolar de cobre y sección 6 mm <sup>2</sup> con aislamiento de PE, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Totalmente montado, conexionado y probado. S1: 503 m; S2: 305 m; S3: 637 m; S4: 429 m	1.874	5,77	10.812,98
m <sup>3</sup>	<b><i>Excavación de zanjas para instalaciones</i></b> Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en suelo de arcilla blanda, con medios mecánicos, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.	483	16,93	8.177,19
m <sup>3</sup>	<b><i>Relleno de zanjas con tierra para instalaciones</i></b> Formación de relleno principal de zanjas para instalaciones, con tierra seleccionada procedente de la propia excavación y compactación en tongadas sucesivas de 20 cm de espesor máximo con bandeja vibrante de guiado manual, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501 (ensayo no incluido en este precio). Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación, carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos.	145	6,44	933,80
m	<b><i>Instalación línea subterránea de alumbrado en canalización entubada bajo calzada.</i></b> Instalación de línea subterránea de alumbrado en canalización entubada bajo calzada. Totalmente montada, conexionada y probada.	70	16,67	1.166,90
m	<b><i>Instalación línea subterránea de alumbrado en canalización entubada bajo acera.</i></b> Instalación de línea subterránea de alumbrado en canalización entubada bajo acera. Totalmente montada, conexionada y probada.	1.540	14,67	22.591,80
m	<b><i>Tubo curvable de 110 mm</i></b> Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 250 N, con grado de protección IP 549 según UNE 20324, con hilo guía incorporado. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4	2.500	4,21	10.525,00
Ud	<b><i>Cuadro de alumbrado Arelsa serie AMI hasta 15kW.</i></b> Cuadro de alumbrado con hasta cuatro salidas especificado en la memoria. Incluye instalación, montaje y puesta en funcionamiento.	1	6.500,00	6.500,00
Ud	<b><i>Columna con luminaria</i></b> Suministro y montaje de columna troncocónica de 10 m de altura, construida en chapa de acero galvanizado, provista de caja de conexión y protección, conductor interior para 0,6/1,0 kV, pica de tierra, arqueta de paso y derivación de 60x60 cm, provista de cerco y tapa de hierro fundido, anclaje mediante pernos a dado de cimentación realizado con hormigón en masa HM-20/P/20/I; luminaria decorativa con difusor de plástico y lámpara de vapor de sodio a alta presión de 70 vatios de potencia, forma troncopiramidal y acoplada al soporte. Incluso p/p de cimentación, accesorios,	100	677,45	67.745,00

Ud.	Descripción del material	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
	elementos de anclaje, equipo de encendido y conexionado. Totalmente instalada.			
Ud	<b>Arqueta para cruce de calzada</b> Suministro y montaje de arqueta de conexión eléctrica, prefabricada de hormigón, sin fondo, registrable, de 60x60 cm de medidas interiores, con paredes rebajadas para la entrada de tubos, capaz de soportar una carga de 400 kN, con marco de chapa galvanizada y tapa de hormigón armado aligerado, de 69,5x68,5 cm, para arqueta de conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN. Incluso conexiones de tubos y remates. Completamente terminada, sin incluir la excavación ni el relleno del trasdós, conexión eléctrica, capaz de soportar una carga de 125 kN. Incluso excavación mecánica y relleno del trasdós con material granular, conexiones de tubos y remates. Completamente terminada.	30	105,36	3.160,80
	<b>Pica de puesta a tierra 2 metros cobre</b> Pica de puesta a tierra de cobre de 2 metros de longitud. Incluye transporte, instalación y montaje.	38	21,81	828,78

**TOTAL RED DE ALUMBRADO: 132.442,25 €**

**5. TOTAL DEL PRESUPUESTO**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>IMPORTE</b>
1. RED SUBTERRÁNEA BT.....	488.411,06 €
2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADOS.....	265.324,00 €
3. RED MEDIA TENSIÓN.....	113.347,47 €
4. RED DE ALUMBRADO.....	132.442,25 €
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL.....	999.524,78 €
GASTOS GENERALES (13%).....	129.938,22 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%).....	59.971,49 €
IMPORTE TOTAL.....	1.189.434,49 €
IVA(21%).....	249.781,24 €

**TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LIQUIDACIÓN... 1.439.215,73 €**

El presupuesto asciende a la cantidad de UN MILLÓN CUATROCIENTOS TREINTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS QUINCE EUROS con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS.

Zaragoza, julio de 2015  
El Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales



Fdo: Ignacio Gracia Subira

